

## **RATAKAPASITEETIN PERUSTEET**



**Miika Mäkitalo**

## **RATAKAPASITEETIN PERUSTEET**

**o Miika Mäkitalo**

**RHK**  
RATAHALLINTOKESKUS  
KAIVOKATU 6, PL 185  
00101 HELSINKI

PUH. (09) 5840 5111  
FAX. (09) 5840 5140  
SÄHKÖPOSTI: info@rhk.fi

ISBN 952-445-039-9  
ISSN 1455-2604

**Mäkitalo, Miika: Ratakapasiteetin perusteet.**

Ratahallintokeskus, Turvallisuusyksikkö. Helsinki 2000. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 9/2000.  
65 sivua + liite. ISBN 952-445-039-9, ISSN 1455-2604

## TIIVISTELMÄ

Ratakapasiteetti tarkoittaa rataverkon tai rataosuuden suurinta mahdollista liikenteenvälityskykyä ja se muodostuu infrastruktuurista, liikkuvasta kalustosta sekä niiden yhteensovittamisesta. Radan kapasiteettia voidaan kasvattaa vaikuttamalla kapasiteetin tekijöihin.

Infrastruktuurin osalta radan kapasiteetti muodostuu raiteistosta, radan rakenteesta ja varustelusta ja turvalaitteista. Kapasiteettia voidaan kasvattaa rakentamalla rataosalle kohtauspaikkoja. Kapasiteettia kasvattaa myös radan rakenteen parantaminen ja sähköistäminen sekä turvalaitteiden osalta suojastuksen ja kulunvalvontajärjestelmän rakentaminen.

Liikkuvan kaluston ominaisuuksia ovat junapituus, junapaino, teho ja kaluston kapasiteetti, ja ne vaikuttavat suoritelmäärään ja ratakapasiteetin suuruuteen. Liikkuvan kaluston suoritelmäärää voidaan kasvattaa ajamalla nopeammin ja lisäämällä junaan vaunuja.

Aikataulusuunnittelu ja liikenteenohjaus sovittavat infrastruktuurin ja liikkuvan kaluston yhteen. Asiakkaiden tarpeet sekä radan ylläpito- ja rakennustyöt on otettava yhteensovittamisessa huomioon.

Ratakapasiteetin käyttöaste tarkoittaa radan kapasiteetin riittävyttä toteutuvaan suoritelmäärään nähden. Käyttöastetta voidaan tarkastella matemaattisesti laskemalla tai simuloimalla.



**Mäkitalo, Miika: Track Capacity, basics and beyond.**

Finnish Rail Administration, Safety Unit. Helsinki 2000. Publications of Finnish Rail Administration  
A 9/2000. 65 pages + app. ISBN 952-445-039-9, ISSN 1455-2604

## **ABSTRACT**

Rail track capacity is defined as largest amount of traffic throughout a single track route or network. Track capacity is formed of infrastructure, rolling stock and arbitrating those. Track capacity can be increased by affecting to track capacity factors.

Track infrastructure consists of track lines, track structure and safety devices. Infrastructure capacity can be increased by building sidings and making denser traffic possible. Higher capacity is also gained by improving track structure, building electrification and safety devices such as automatic train control.

The features of train affect the amount of traffic and track capacity. Train properties include length, weight, power output and stock capacity. The amount of traffic of rolling stock can be enhanced by driving faster and adding wagons to the train.

Timetable planning and traffic control arbitrate infrastructure and rolling stock. The requirements of the customers and tracks maintenance must be taken into account in arbitrating process.

The utilization degree of track capacity is defined as actual amount of traffic compared to theoretical track capacity. The utilization degree can be observed mathematically or by simulating.

## ESIPUHE

Tämä tutkimus on laadittu Ratahallintokeskuksessa ratakapasiteettia käsitteleväksi perusteokseksi. Tarkoituksena on ollut kuvata ratakapasiteettia ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimuksen on laatinut tekn. yo Miika Mäkitalo Tampereen teknillisestä korkeakoulusta toimiessaan virkamiesharjoittelijana kesällä 2000 Ratahallintokeskuksen turvallisuusyksikössä. Työtä ovat ohjanneet suunnittelija Tuomo Suvanto kehittämissyksiköstä ja DI Heidi Hirvonen turvallisuusyksiköstä.

Helsingissä, marraskuussa 2000

Ratahallintokeskus  
Turvallisuusyksikkö

## SISÄLLYSLUETTELO

MÄÄRITELMÄSANASTO .....	8
KUVA- JA TAULUKKOLUETTELOT .....	12
1 RATAKAPASITEETTI .....	13
1.1 Kapasiteetin substanssi .....	13
1.2 Ratakapasiteetti ja liikennesuorite .....	13
1.2.1 Ratakapasiteetti liikenteenvälityskykynä .....	14
1.2.2 Ratakapasiteetti maksimisuoritteena .....	14
1.3 Kapasiteetin suhde käyttöasteeseen .....	15
1.4 Ratakapasiteetin kasvattaminen .....	15
2 INFRASTRUKTUURI JA SIIHEN VAIKUTTAMINEN .....	17
2.1 Raiteet .....	17
2.1.1 Yksiraiteinen rata .....	18
2.1.1.1 Kohtauspaikka .....	19
2.1.2 Kaksiraiteinen rata .....	21
2.1.2.1 Puolenvaihtopaikka .....	21
2.1.3 Kolmiraiteinen rata .....	23
2.1.4 Neliraiteinen rata .....	23
2.2 Radan rakenne .....	24
2.2.1 Rataluokat .....	24
2.2.2 Päällysrakenteen uusiminen .....	25
2.2.3 Tasoristeysten poisto .....	25
2.3 Radan varustelu .....	26
2.3.1 Sähköistys .....	26
2.3.2 Opasteet .....	26
2.4 Ratapihat .....	27
2.4.1 Ratapiha .....	27
2.4.1.1 Liikennepaikka .....	27
2.4.2 Ratapihajako .....	27
2.5 Turvalaitteet .....	28
2.5.1 Turvalaitetekniikoista .....	28
2.5.2 Liikenteenohjaus .....	28
2.5.3 Suojastus .....	29
2.5.3.1 Suojastuksen toiminta .....	30
2.5.4 Kulunvalvonta .....	32

3	LIKKUVAN KALUSTON VAIKUTUS RATAKAPASITEETTIIN .....	35
	3.1 Kaluston ominaisuudet .....	35
	3.1.1 Kaluston kapasiteetti .....	35
	3.2 Kallistuvat korit .....	37
	3.3 Junapaino, teho ja jarruominaisuudet .....	37
	3.4 Liikenteen rakenne .....	39
4	INFRASTRUKTUURIN JA KALUSTON YHTEENSOVITTAMINEN .....	40
	4.1 Asiakas .....	40
	4.2 Aikataulurakenne .....	40
	4.3 Aikataulusuunnittelu .....	42
	4.4 Liikenteenohjaus .....	44
5	RATAKAPASITEETIN KÄYTTÖASTE .....	45
	5.1 Mitä ratakapasiteetin käyttöaste tarkoittaa? .....	45
	5.2 Miten ratakapasiteetin käyttöaste ilmenee? .....	45
	5.2.1 Sopiva käyttöaste .....	46
	5.3 Ratakapasiteetin pullonkaulat .....	46
	5.3.1 Pullonkaulacase .....	46
	5.3.2 Pullonkaulat rataverkolla .....	48
	5.4 Kapasiteettihäviö .....	48
	5.4.1 Nopeuserot .....	49
	5.4.2 Virtuaalinen ratakapasiteetti .....	50
	5.5 Ratakapasiteetin käyttöasteen kasvattaminen .....	50
6	RATAKAPASITEETIN JA SEN KÄYTTÖASTEEN MITTAAMINEN .....	52
	6.1 Johdantoa aiheeseen .....	52
	6.2 Mallintaminen ja simulointi .....	53
	6.2.1 Simulointiohjelma SIMON .....	54
	6.2.2 SIMON Suomessa .....	54
	6.2.3 Muita simulointiohjelmia .....	55
	6.3 Matemaattinen laskeminen .....	55
	6.3.1 Banverket .....	55
	6.3.2 UIC .....	56
7	RATAKAPASITEETIN KÄYTTÖASTE SUOMESSA .....	58
8	LOPPUSANAT .....	62
	LÄHDE- JA KIRJALLISUUSLUETTELO .....	63
	LIITTEET .....	66



## MÄÄRITELMÄSANASTO

Aikataulu	on junan kulkusuunnitelma. Koska aikataulun mukaan tapahtuva junaliikenne on turvallisinta, junalle on aina oltava aikataulu. (JR)
Asetinlaite	on turvalaite, jolta keskitetysti voidaan hoitaa ja valvoa ratapihan tai sen osan liikennettä. Se voi olla myös kauko-ohjattu. (Jt)
Baliisi	on JKV-rataosan rataaite, joka on keltainen suorakaiteen muotoinen lähetin/ vastaanotin, jonka tehtävä on välittää kulunvalvonnan tarvitsemaa tietoa veturiin. (Jt)
Esiopastin	sijaitsee esiopastinetäisyydellä ennen pää- tai suojustusopastinta, jonka opasteen se ilmoittaa. (JR)
Esiopastinetäisyys	on esi- ja pääopastimen, esi- ja suojustusopastimen, kahden suojustusopastimen tai suojustusopastimen ja pääopastimen välinen metrinen etäisyys. Esiopastimen kohdalla aloitettu hätäjarrutus jarrupainoprosentin sallimasta nopeudesta (max. 140 km/h) pysäyttää junan ennen esiopastimen tarkoittamaa opastinta. (Jt)
JKV	Junien kulunvalvontajärjestelmää (JKV) on automaattinen kulunvalvontajärjestelmä, joka valvoo junien nopeutta ja pysäyttää junan tarvittaessa.
Junakohtauksena	pidetään sellaista junien kohtaamista, jossa junat saapuvat kohtauspaikalle eri suunnilta, ja ainakin toinen juna kohtauspaikalta lähdettyään käyttää junasuoritusvälillä samaa raidetta, jolta toinen juna on saapunut. Junakohtauksena ei kuitenkaan pidetä junien kohtaamista sellaisella liikenne-paikalla, jolla

yksiraiteinen rata muuttuu kaksiraiteiseksi, eikä myöskään linjapaikalle sulkeutuneen junan kohtaamista. (Jt)

Junakulku tie

on junaliikenteessä turvattava kulkutie. (Jt)

Junaohjaaja

on henkilö, joka huolehtii junaliikenteen yleisestä ohjauksesta ja valvomisesta omalla ohjausalueellaan. (SRM)

Junapaino

on junarungon (vaunut ilman veturia) paino. (Jtt)

Junasuorittaja

on junaliikenteen turvaamisesta vastaava henkilö. Junasuorituspaikalla voi tarpeen ja turvalaitteiden rakenteen mukaan olla useampia kulkuteiden turvaamiseen osallistuvia henkilöitä, jolloin liikennepaikkakohtaisissa lisämääräyksissä selvitetään muut luvanantajat ja heidän yhteystietonsa. (Jt)

Junasuorituspaikka

on sellainen liikennepaikka tai muu kohta radasta, joka on määrätty junasuorituspaikaksi. Junasuorituspaikan ja junasuoritusvälin rajana on liikennepaikkaa suojaava pääopastin, kaksiraiteisella radalla molempien raiteiden osalta. Ellei pääopastinta ole, on raja ratapihan tulovaihteen kielien kärkien kohdalla. (Jt)

Junasuoritusväli

on junasuorituspaikkojen välinen osuus rataa. (Jt)

Kauko-ohjaaja

on kauko-ohjausalueeseen nähden junasuorittaja. (SRM)

Kauko-ohjaus

on liikenteenhoito- ja turvalaitejärjestelmä, jonka avulla yksi henkilö voi keskitetysti kääntää vaihteet ja turvata kulkutien useilla eri liikennepaikoilla. Kauko-ohjattu rata on suojastettu. Kauko-ohjaaja toimii junasuorittajana ohjaamaansa alueeseen nähden. (Jt)

Kohtauspaikka	on kaksi- tai useampiraiteinen ratapiha, jota käytetään yksiraiteisella rataosalla vastakkaisiin suuntiin kulkevien junien kohtaamiseen. (JR)
Kohtausraiteella	tarkoitetaan sivuraidetta, joka on varattu junakohtauksia tai junien ohituksia varten. (RAMO)
Koodain	on JKV-rataosan ratalaite, joka muuttaa opastinjärjestelmästä tulevan tiedon kulunvalvonnalle sopivaksi. (Jt)
Kulku tie	on se raide tai ne raiteet vaihteineen, joka tai jotka turvataan junan kulkua varten junasuorituspaikalla. (Jt)
Liikennepaikka	on rataosaselostuksessa nimetty paikka junaliikenteen turvaamista tai asiakaspalvelua varten. (Jt)
Liikennesuunta	on suojastetulla radalla varmistettu kulkusuunta. (Jt)
Linjapaikka	on liikennepaikka, jota ei ole määrätty junasuorituspaikaksi. (Jt)
Luvanottopaikka	voi olla vähäliikenteisellä radalla sellaiseksi liikennepaikaksi erikseen määrätty paikka.
Ohjauspaneelilla	(veturin) tarkoitetaan säännössä JKV-laitteistolla varustetun yksikön JKV:n ohjaus- ja näyttötaulua. (Jt)
Raide	koostuu ratapölkyistä, ratakiskoista, ratakiskojen kiinnitys- ja jatko-osista sekä vaihteista ym. raiteen erikoisrakenteista. (RAMO)
Rataosaselostus	on aikataulukirjan osa, jota kuljettajat käyttävät. Rataosaselostukseen on merkitty kuljettamisen kannalta merkittävät radan kohdat.

Sivusuoja	sisältää toimenpiteet, joilla estetään muiden junien pääsy annetulle kulkutielle vaihteen kautta.
Suojastettu rata	on rata, jolla liikenne on turvattu opastimin, joiden opasteet ovat riippuvia siitä, onko niiden suojaama osuus vapaa vai ei. Suojastettu rata voi olla myös kauko-ohjattu. (Jt)
Suojaväli	on suojastetulla radalla kahden saman kulkusuunnan liikennettä turvaavan, pää- tai suojastusopastimen välinen rataosuus. Pääopastimen ja sitä seuraavan suojastusopastimen välinen rataosuus on suojaväli vain silloin, kun suojastusopastimella on esiopastin. (Jt)
Suurin sallittu nopeus	Aikatauluun on merkitty junan suurin sallittu nopeus, jonka mukaan määrätään mm. junassa tarvittava jarruvoima ja junan kokoonpano. Suurin sallittu nopeus junaa kuljetettaessa saattaa rajoittua aikatauluun merkittyä pienemmäksi esim. nopeusrajoitusten takia. (Jt)
Vaihde	on raiteiden liityntäkohta, jossa liikenne voidaan ohjata raiteelta toiselle. (Jtt)

Määritelmäsanasto on koottu eri lähteistä. Merkintä Jt tarkoittaa Junaturvallisuuksääntöä, Jtt Junaturvallisuuksääntöön liittyviä teknisiä määräyksiä ja ohjeita, RAMO Ratateknillisiä määräyksiä ja ohjeita, SRM Sähköratamääräyksiä sekä JR Jukka Ronnin diplomityötä.



## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELOT

### Kuvaluettelo

<i>Kuva</i>	<i>aihe</i>	<i>sivu</i>
1	ratakapasiteetti	13
2	yksiraiteinen rata	18
3	junakohtaus kohtauspaikassa	19
4	kaksi kohtauspaikkaa	19
5	kohtauspaikassa kaksi sivuraidetta	20
6	Parkanon radan kohtauspaikka	20
7	kaksiraiteinen rata	21
8	kaksi puolenvaihtopaikkaa	22
9	kolmiraiteinen rata	23
10	neliraiteinen rata	23
11	suojustus	31
12	kulunvalvonta	33
13	mindmap, liikkuva kalusto ja suoritemäärän kasvu	35
14	graafinen aikataulu	41
15	graafinen aikataulu	41
16	graafinen aikataulu	42
17	graafinen aikataulu	43
18	graafinen aikataulu	43
19	graafinen aikataulu	43
20	laatu kuormituksen funktiona -kuvaaja	45
21	casen suorituspäämäärät	47
22	hitaan junan vaikutus liikenteeseen	49
23	heterogeeninen liikenne	49
24	homogeeninen liikenne	49
25	Riihimäki - Tampere - Pieksämäki - Kouvola - Lahti - Riihimäki rataverkko	52
26	Rataverkon vuorokausikapasiteetin käyttöaste	59
27	Rataverkon huipputuntikapasiteetin käyttöaste	60
28	Rataverkon kapasiteetin käyttöaste	61

### Taulukkoluetelo

<i>Taulukko</i>	<i>aihe</i>	<i>sivu</i>
1	rataluokat	24
2	junanopeuksia	39
3	pullonkaulacase	46
4	ratakapasiteetin käyttöasteen tulkinta	56

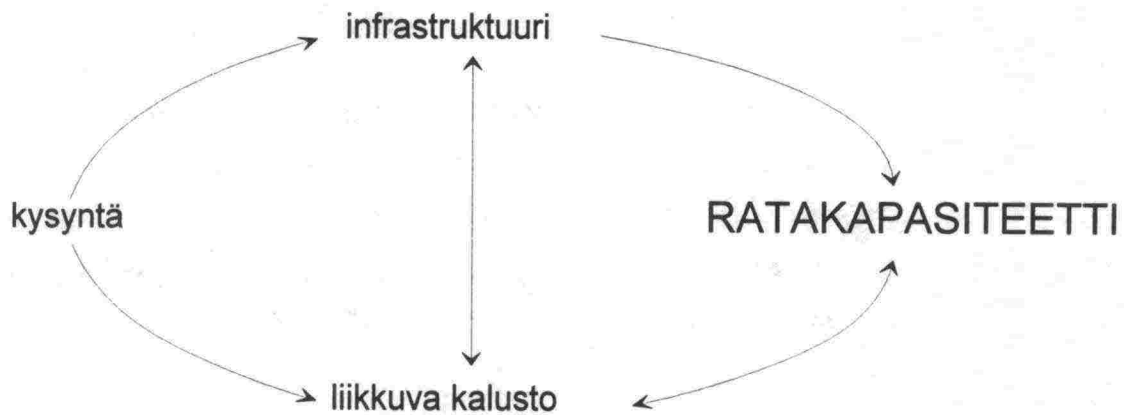
# 1 RATAKAPASITEETTI

## 1.1 Kapasiteetin substanssi

Kapasiteetilla on selvä merkitys. Se tarkoittaa henkilön, koneen, laitteen tai yrityksen suurinta suorituskyyä. Kapasiteetti tarkoittaa kyyä, tilavuutta tai suoritusta. Kapasiteetti voi siis olla esimerkiksi 150 dm<sup>3</sup>, 78 kynää tunnissa tai 24 tonnia makkaraa viikossa.

## 1.2 Ratakapasiteetti ja liikennesuorite

Ratakapasiteetti muodostuu infrastruktuurista, liikkuvasta kalustosta sekä niiden yhteensovittamisesta. Kysyntä vaikuttaa pitkällä aikavälillä ratakapasiteettiin infrastruktuurin ja liikkuvan kaluston kautta.



Kuva 1: ratakapasiteetti

Käsitteen ratakapasiteetti olemus on moniulotteisempi kuin pelkkä kapasiteetti, koska ratakapasiteettiin vaikuttavat useammat tekijät ja sen enimmäissuorituskyky on vain ideaalinen.

Radan ideaalinen maksimikuormitus tarkoittaa ratakapasiteettia ja tavanomainen liikkuminen radalla suoritemäärää. Esimerkiksi jos radalla kykenisi liikkumaan 10 junaa tunnissa, ja siellä liikkuisi 7 junaa, olisi ratakapasiteetti 10 junaa tunnissa ja rata-

kapasiteetin käyttöaste 70 %. Ratakapasiteetti ei tarkoita paljonko junia liikkuu tietyllä välillä, vaan kuinka paljon niitä kykenisi liikkumaan.

Ratakapasiteetin suuruutta eli radan enimmäissuorituskykyä on vaikea määrittää, koska maksimisuorituskyvyn kuvaamiseksi täytyy määritellä miten nopeasti ja miten pitkinä junat voisivat suurimmassa kuormituksessa liikkua. Nykytilan lisäksi ratakapasiteettia voidaan tarkastella tulevaisuudessa. Ratakapasiteetilla voidaan tarkoittaa liikenteenvälityskykyä tai maksimisuoritetta.

### **1.2.1 Ratakapasiteetti liikenteenvälityskyynä**

Vakiintuneena käytäntönä on käyttää liikenteenvälityskykyä ratakapasiteetin mittayksikkönä. Liikenteenvälityskykyä nimitetään myös läpäisykyvyksi ja läpäisy nopeudeksi. Liikenteenvälityskyvyllä kuvataan rataverkon tai rataosan kapasiteettia, ja sen yksikkö on junaa tunnissa tai junaa vuorokaudessa.

Liikenteenvälityskyky ratakapasiteetin mittarina on kohtuullisen hyvä. Se kertoo junien enimmäislukumäärän, joka voi käyttää tiettyä rataväliä tietyssä ajanjaksona. Liikenteenvälityskyky, kuten sen dimensiotarkastelukin osoittaa, ei ole laadullinen mittari. Se ei huomioi kulkeeko rataosuudella pelkkä veturi vai pitkä tavarajuna tai yksi- vai kaksikerroksinen henkilöjuna.

### **1.2.2 Ratakapasiteetti maksimisuoritteena**

Suoritteen mittaamisella tarkoitetaan niin määrällisen kuin laadullisen liikenteen ominaisuuksien huomioimista. Maksimisuoritetta voidaan tarkastella halutulla tasolla; suojastusvälin, rataosuuden tai suuremman kokonaisuuden tarkkuudella. Suoritteen mittayksikkönä voidaan käyttää massamatkaa (tonnikilometriä) tai henkilömatkaa (henkilökilometriä) aikayksikköä kohden. Maksimisuorituskykyä voidaan tarkastella myös pistemäisesti, jolloin yksikkö on massaa tai henkilö määrää aikayksikössä.



### 1.3 Kapasiteetin suhde käyttöasteeseen

Kapasiteetti tarkoittaa tietynsuuruista maksimisuorituskykyä. Suoritemäärä tarkoittaa käytännössä toteutuvaa määrää. Kapasiteetin käyttöaste tarkoittaa suorituskapasiteetin suhdetta kapasiteettiin.

Repun, johon mahtuu 20 maitopurkkia, kapasiteetti on 20 maitopurkkia. Kun repulla kuljetetaan neljää maitopurkkia, niin se tarkoittaa suoritemäärää. Tällöin repun kapasiteetti on 20, suorituskapasiteetti 4 ja käyttöaste  $4/20$  eli 20 %.

On tärkeää, että ratakapasiteetin ja sen käyttöasteen käsitteitä ei sekoiteta toisiinsa. Käsitteellisellä ja asiatasolla niiden erottaminen on helppoa. Kuitenkin ratakapasiteetin ja sen käyttöasteen kasvattamisesta käsiteltäessä käsitteet helposti sekoittuvat.

### 1.4 Ratakapasiteetin kasvattaminen

Ratakapasiteetin kasvattamisen tarve syntyy, kun sen käyttöaste nousee niin korkeaksi, että lisäjunien sijoittaminen on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Tämä tarkoittaa yli 80 % käyttöastetta. Tällöin liikenne on erittäin altis häiriötekijöille, ja myöhästymisiä tapahtuu. Myöhästynyt liikenne on liikenteenohjaukselle vaikeaa korkeakäyttöasteisessa ympäristössä. Yksi myöhässä oleva juna myöhästyttää helposti muitakin junia, ja pahimmillaan liikenne saattaa lukkiutua. Tilanne purkautuu ainoastaan jonkin junan peruuttaessa.

Radan kapasiteettia pyritään kasvattamaan pullonkaulaosuuksien poistamiseksi sekä tulevaisuuden kysynnän tyydyttämiseksi. Tällä hetkellä ratakapasiteetin riittämättömyysongelmia on rataverkolla esimerkiksi Oriveden ja Jämsän välillä sekä Linnunlaulussa Helsingin ja Pasilan asemien välillä.

Junaliikenteen suoritemäärää voidaan kasvattaa liikennöimällä enemmän ja tiheämmin, mikä nostaa ratakapasiteetin käyttöastetta. Jos rataosuus on liian suuressa käytössä on syytä kasvattaa ratakapasiteetin määrää. Ratakapasiteetin kasvattamisen toimenpiteet voivat kohdistua sen tekijöihin: infrastruktuuriin, liikkuvaan kalustoon tai niiden yhteensovittamiseen.

- *Ratakapasiteetti muodostuu infrastruktuurista, liikkuvasta kalustosta ja niiden yhteensovittamisesta.*
- *Ratakapasiteettia voidaan tarkastella liikenteenvälityskykynä tai maksimisuoritteena.*
- *Ratakapasiteetin käyttöaste tarkoittaa suoritemäärän suhdetta kapasiteettiin.*
- *Ratakapasiteetin kasvattamisen tarve syntyy, kun rataosalle ei voida sijoittaa lisäjunia korkean käyttöasteen vuoksi.*

## 2 INFRASTRUKTUURI JA SIIHEN VAIKUTTAMINEN

Rautateiden kapasiteettiin vaikuttavalla infrastruktuurilla tarkoitetaan raiteita ja niiden määrää, radan rakennetta ja varustelua, ratapihoja, kohtauspaikkoja sekä turvalaitteita. Ratakapasiteettia kasvattavia infrastruktuuriin kohdistuvia investointikohteita ovat päällysrakenteen uusiminen, ratageometrian parantaminen, uusien raiteiden ja kohtauspaikkojen rakentaminen, radan sähköistäminen, tasoristeysten poisto ja turvajärjestelmien rakentaminen.

Ratainvestoinneilla voidaan kasvattaa ratakapasiteettia. Infrastruktuuriin kohdistuvat ratakapasiteettia kasvattavat investoinnit ovat vaikutuksiltaan hyvin merkittäviä, mutta vastaavasti niiden toteuttaminen vie aikaa. Kapasiteettia voidaan kasvattaa vähitellen kasvavan tarpeen mukaisesti tai tekemällä suuria paljon kapasiteettia lisääviä investointeja.

### 2.1 Raiteet

Suomessa suurin osa rataverkosta on yksiraiteista. Yksiraiteisen radan kapasiteettia voidaan kasvattaa kohtauspaikoilla, suojastuksella tai rakentamalla uusi raide. Kohtauspaikkojen ja suojastuksen rakentaminen lisää kapasiteettia jo merkittävästi.

Raiteiden määrällä vaikutetaan hyvin suuresti ratakapasiteetin määrään. Yksiraiteisen radan muuttaminen kaksiraiteiseksi mahdollistaa yli kaksi kertaa suuremman liikennemäärän edelliseen tilanteeseen verrattuna, jonka vuoksi radan kapasiteettia kasvatetaan usein ensin kohtauspaikoilla ja suojastuksella. Vastaavasti kaksisuuntaisen radan muuttaminen kolmi- tai neliraiteiseksi lisää ratakapasiteettia. Useampiraiteinen rata mahdollistaa liikenteen erottelun. Kaksiraiteisella radalla on raide molempiin suuntiin ja neliraiteisella voidaan lisäksi erottaa samaan suuntaan liikennöivä hidas ja nopea liikenne.

Raiteiden määrän kasvattaminen ei ole aina triviaaliratkaisu kapasiteettivajeeseen, koska rakentamiskustannukset ovat korkeat. Lisäksi esimerkiksi ajojohdon sotkeutuminen moniraiteisella radalla voi tarkoittaa katkoa liikenteelle koko raiteiston osalta. Häiriöherkkyyttä vähentäisi vierekkäisten ratojen rakentaminen kauemmaksi toisistaan.



### 2.1.1 Yksiraiteinen rata

Yksinkertaisin rautatieyhteys kahden paikan välillä on yksiraiteinen rautatie, jossa ei ole kohtauspaikkoja tai suojastusta. Tällaisella radalla (kuva 2) voi olla ainoastaan yksi juna kerrallaan. Tällä välillä liikkuvan junan täytyy päästä perille ennen kuin uusi juna voidaan lähettää samalle rataosuudelle. Liikkuvan junan peräänkään ei voida lähettää uutta junaa, koska täytyy ensin varmistua, että liikkuva juna on saapunut perille. Tällaisen radan ratakapasiteetti on alhainen.

Ratakapasiteettia voidaan kasvattaa yksiraiteisella radalla rakentamalla radalle kohtauspaikka ja/ tai suojastus. Rataosalle voidaan asettaa myös junasuorituspaikkoja, joissa junasuorittaja valvoo junan saapumista ja lähtemistä sekä pitää yhteyttä viereisiin junasuorituspaikkoihin.

Kohtauspaikka parantaa molempiin suuntiin tapahtuvan liikenteen välityskykyä, koska vastakkaisiin suuntiin kulkevat junat voivat kohdata rataosuudella kohtauspaikalla. Rataosuuden suojastus ja junasuorituspaikat mahdollistavat samaan suuntaan liikkuvan tiheämmän liikenteen. Suojastuksella tarkoitetaan rataosuutta, jolla liikenne on turvattu opastimilla, jotka kuvaavat seuraavan rataosan vapaana oloa.

Yksiraiteisella suojastamattomalla radalla ajoajaltaan pisin kohtauspaikkojen välinen matka määrittää koko rataosan kapasiteetin suuruutta. Suojastetulla radalla pisin suojastusväli on määrittävä tekijä. Vastakkaissuuntaisen liikenteen järjestäminen rajoittaa ratakapasiteetin käyttöasteen tehostamista. Sekaliikenteisen yksiraiteisen radan välityskapasiteetin teoreettinen tunnusluku on 40 - 60 junaa vuorokaudessa.

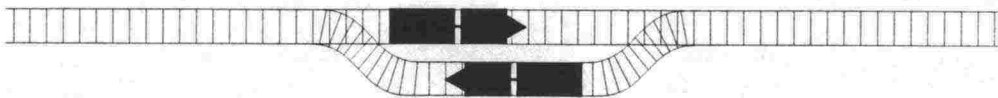


Kuva 2: yksiraiteinen rata

### 2.1.1.1 Kohtauspaikka

Kohtauspaikalla tarkoitetaan radan kohtaa, jossa samalla raiteella liikkuvat junat voivat kohdata ja ohittaa toisensa (kuva 3). Kohtauspaikan ansiosta rataosuudella voi olla samanaikaisesti vastakkaisiin suuntiin liikkuvaa liikennettä. Kohtauspaikka kasvattaa ratakapasiteettia.

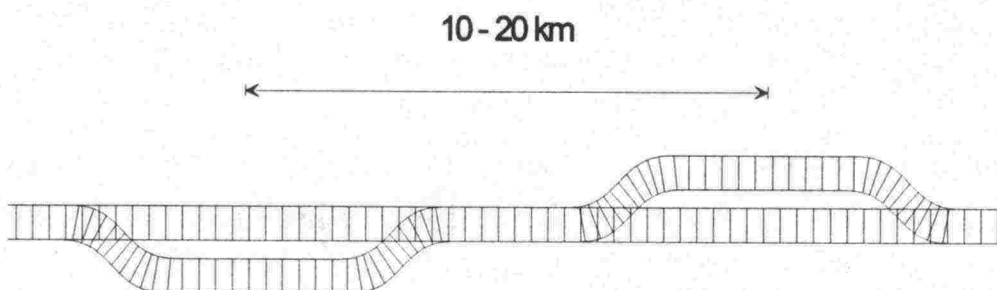
Kohtauspaikalla varustetulle radalle voidaan lähettää vastakkaisilta suunnilta junat, joista toinen ajaa kohtauspaikalla sivuraiteelle. Toisen junan ollessa sivuraiteella, voi toinen ajaa ohi, jonka jälkeen sivuraiteella ollut voi jatkaa matkaa. Junien ohjaaminen sivuraiteelle tapahtuu vaihteessa, jonka liikuttaminen tapahtuu mekaanisesti tai kauko-ohjatusti.



Kuva 3: junakohtaus kohtauspaikassa

Rataosuudelle voidaan rakentaa useita kohtauspaikkoja, jolloin sille voidaan lähettää yhä enemmän junia. Rataosuudella voi olla samanaikaisesti kolme junaa, jos asemavälillä on kaksi kohtauspaikkaa. Periaatteessa rataosalla voi olla junia yksi enemmän kuin kohtauspaikkoja, mutta tällöin sivuraiteella olevien junien odotusaika kasvaa ja lisäksi liikenteen sujuva ohjaaminen vaikeutuu junamäärän kasvaessa. Kohtauspaikkojen rakentaminen helpottaa lisäksi liikenteenohjausta, aikataulusuunnittelua sekä parantaa palautumiskykyä häiriötilanteista.

Kuvassa 4 on rataosuus, joissa on kaksi kohtauspaikkaa. Kohtauspaikat sijoitetaan rataosuudelle melko tasaisin välein. Esimerkiksi 30 kilometrin pituisella rataosuudella kohtauspaikat voivat olla 10 ja 20 kilometrin kohdalla.

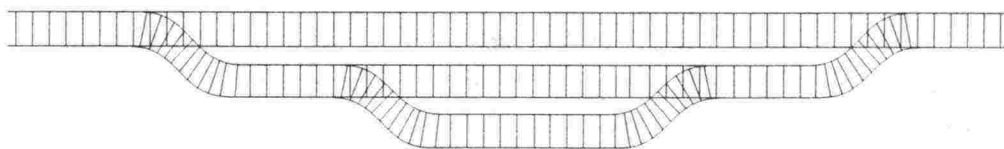


Kuva 4: kaksi kohtauspaikkaa

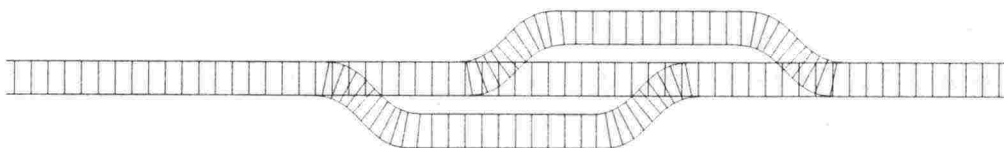


Kohtauspaikalla voi olla useampia sivuraiteita kuin yksi, mikä mahdollistaa kolmen junan kohtaamisen tällaisella kohtauspaikalla. Tällöin kaksi junaa ajaa sivuun odottamaan, kun kolmas juna ohittaa liikennepaikan, jonka jälkeen odottaneet junat jatkavat matkaansa.

Mahdollisia kolmen junan kohtauspaikkoja esittävät alla olevat kaksi kuvaa, joista ylempi (kuva 5) on perinteinen ja alempi (kuva 6) ensimmäisen kerran Parkanon radalla toteutettu malli. Parkanon radan mallin etu perinteiseen verrattuna on se, että vastaantulevat junat voivat ajaa samanaikaisesti sivuraiteille odottamaan kolmatta junaa, mikä mahdollistaa pienen aikasäästön. Tällainen ei ole mahdollista perinteisessä mallissa. Lisäksi Parkanon radan mallissa odottavat junat saavat lähteä samanaikaisesti, kun taas perinteisessä mallissa uloimmalla raiteella oleva odottaa tavallisesti toisen junan lähtemistä.



Kuva 5: kohtauspaikassa 2 sivuraidetta



Kuva 6: Parkanon radan kohtauspaikka

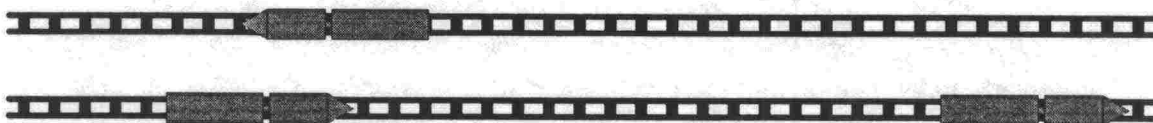
Pienet kohtauspaikkavälit lisäävät joustavuutta aikataulusuunnitteluun sekä helpottavat liikenteenohjauksen hoitamista ja häiriötilanteiden purkamista. Kohtauspaikan rakentaminen maksaa noin 5 - 10 Mmk, jos rakennusolosuhteet ovat yksinkertaiset tai normaalit. Kohtauspaikan rakentaminen kaarteeseen tai vaikeaan maastoon kasvattaa rakennuskustannuksia moninkertaisiksi.

Kohtauspaikan sivuraide voidaan rakentaa hyvin pitkäksi, jopa 5 kilometriä pitkäksi, jolloin rakennettua raidetta voidaan kutsua ohitusraiteeksi. Tällaisella raiteella sivuun ajavan junan ei tarvitse pysähtyä odottamaan toista junaa, vaan se voi ajaa sivuraiteella omaa nopeuttaan. Tällaisia ohitusraiteita on ehdotettu rakennettavaksi Keravan ja Järvenpään välille.

### 2.1.2 Kaksiraiteinen rata

Yksiraiteisen radan kapasiteettia voidaan kasvattaa runsaasti rakentamalla toinen raide sen rinnalle. Kaksiraiteinen rata mahdollistaa yli kaksinkertaisen liikennemäärän yksiraiteiseen verrattuna, koska yksiraiteisen radan tapaan vastaantulevaa liikennettä ei tarvitse odotella sivuraiteella.

Kaksiraiteisella radalla junat kulkevat pääsääntöisesti eri raiteilla eri suuntiin. Välityskykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat junien kulkutiheys ja nopeus. Suurimmassa tiheydessä junien nopeuserot vähentävät ratakapasiteetin käyttöastetta, koska välissä liikkuvan hitaan junan takana tulevat eivät voi ajaa nopeammin. Teoreettinen välityskapasiteetti kaksiraiteisella radalla on 140 - 160 junaa vuorokaudessa.



Kuva 7: kaksiraiteinen rata

Ratakapasiteettia on kasvatettu rakentamalla yksiraiteinen rata kaksiraiteiseksi mm. Inkeröisen ja Juurikorven välillä.

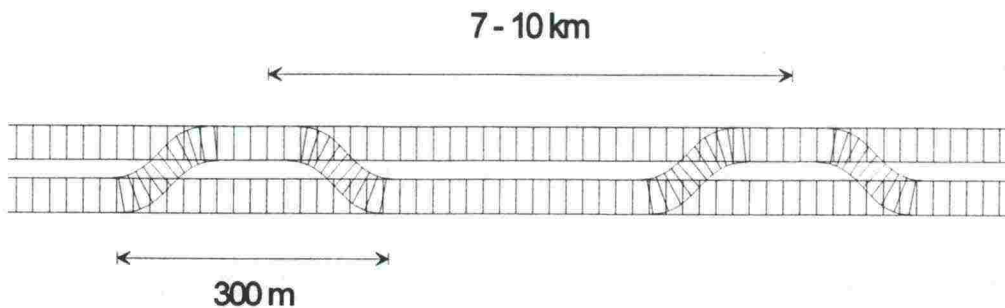
#### 2.2.2.1 Puolenvaihtopaikka

Puolenvaihtopaikka mahdollistaa kaksiraiteisen radan käytön siten, että kaksi junaa ajaa rinnakkain samaan suuntaan. Tämä on tietenkin mahdollista vain silloin, kun vastaantulevaa liikennettä ei ole. Hitaampi tai vaihtoehtoisesti nopeampi juna siirtyy vasemmalle raiteelle puolenvaihtopaikassa. Takana tuleva juna ajaa tavallista suurinta sallittua nopeutta oikealla raiteella. Raidetta vaihtanut juna palaa takaisin oikealle raiteelle toisen junan mentyä ohi.

Puolenvaihtopaikan mahdollistamaa rinnakkaista liikennettä samaan suuntaan voidaan käyttää silloin, kun siihen on tarvetta ja kun vastaantulevaa liikennettä ei ole. Malliesimerkki kaksisuuntaiselle liikenteelle on ruuhkahuipputuntien aikainen liikenne.

Henkilöliikenteessä maanantaisin ja aamuisin kysyntää on enemmän suuriin keskustoihin kuin niistä pois. Vastaavasti perjantaina ja iltapäivän huipputunnin aikaan tilanne on päinvastainen.

Ratatöitä tehtäessä puolenvaihtopaikka mahdollistaa liikenteen jatkumisen. Raideosuus voidaan sulkea liikenteeltä, ja tehdä ratatöitä ilman junien sanelemia taukoja. Kun toisella raiteella tehdään kunnostustöitä, voidaan toista käyttää liikennöintiin.



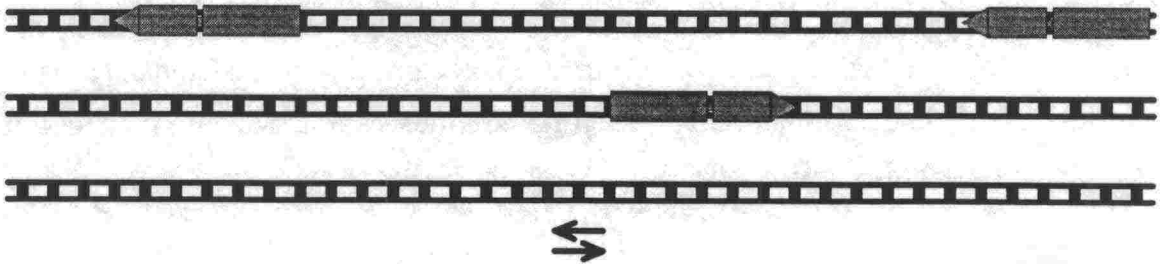
Kuva 8: kaksi puolenvaihtopaikkaa

Puolenvaihtopaikkojen ja muiden paikkojen vaihteilla on vaikutus kääntyvän liikenteen ratakapasiteettiin poikkeavan raiteen suurimman sallitun nopeuden vaikutuksesta. Vaihteen tyyppi vaikuttaa kääntyvän suunnan suurimpaan sallittuun nopeuteen, joka voi olla 35, 70, 80, 110 tai 140 km/h.



### 2.1.3 Kolmiraiteinen rata

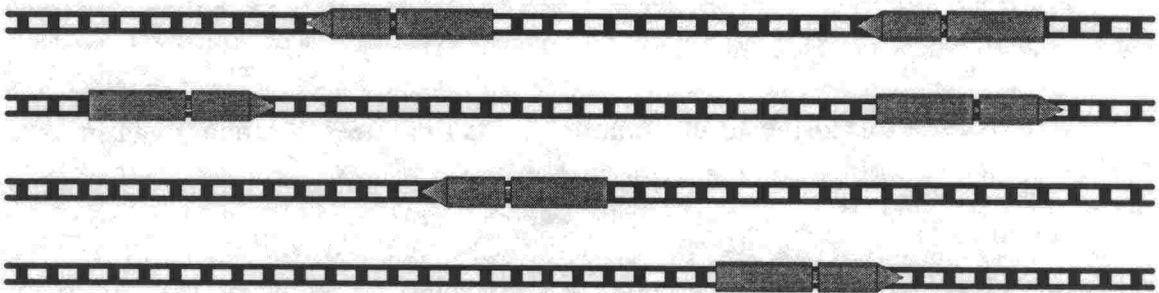
Kolmiraiteista rataosuutta voidaan käyttää kuin yhtä kaksiraiteista ja yhtä yksiraiteista. Kaksiraiteinen rata toimii tällöin tavanomaiseen tapaansa välittäen liikennettä omiin suuntiinsa. Kolmas raide palvelee yksiraiteisen radan tapaan välittäen liikennettä kysynnän mukaan haluttuun suuntaan. Teoreettinen välityskapasiteetti kolmiraiteisella radalla on 180 - 220 junaa vuorokaudessa.



Kuva 9: kolmiraiteinen rata

### 2.1.4 Neliraiteinen rata

Rataosuudella, jossa on kaksi kaksoisraidetta, on välityskykyisempi kuin kahden kaksoisraiteen välityskyky yhteensä, koska neljä rinnakkaista raidetta mahdollistaa kahden raiteen käytön molemmille liikennöintisuunnille. Tällöin saman suunnan raiteita voidaan käyttää eri nopeuksille, jolloin teoreettinen välityskapasiteetti neliraiteisella radalla on 320 - 360 junaa vuorokaudessa.



Kuva 10: neliraiteinen rata

## 2.2 Radan rakenne

Radan rakenteella tarkoitetaan radan tukikerrosta, päällysrakennetta ja raiteistoa. Radan rakenteen mukaan määräytyy rataosan rataluokka.

### 2.2.1 Rataluokat

Radat jaetaan rataluokkiin liikenteen ja radan ominaisuuksien mukaan. Rataluokat ovat A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ja C, joista rataluokka A on heikoin ja C korkealuokkaisin. Rataluokka ilmaisee millainen liikenne sallitaan radan ja sen rakenteiden osalta. Suurin radan sallima akselipaino A-radoilla on 16 t sekä B- ja C-radoilla 22,5 t.

Rataluokka määräytyy kiskotuksen ja tukikerroksen mukaan ja sille sallitaan akselipaino taulukon 1 mukaisesti.

Rataluokka	Kiskotus	Tukikerros	Sallittu akselipaino [t]
A	K30, K33	sora, hieno raidesepele tai vastaava	16
B <sub>1</sub>	K43, 54E1, K60, 60E1	sora, hieno raidesepele tai vastaava	22,5
B <sub>2</sub>	K43, K60	karkea raidesepele	22,5
C	54E1, 60E1	karkea raidesepele	22,5

Taulukko 1: rataluokat (Jtt)

Uutta rataosuutta tai korjaustöitä suunniteltaessa liikenteen asettamat vaatimukset määrittelevät, minkä rataluokan mukaiseksi uudet radat suunnitellaan tai vanhat perusparannetaan. Yleensä pyritään 25 tonnin akselipainon kantavuuteen. Ratojen ratatekniset tavoitteet voidaan esittää rataluokkien avulla.

Pääradoilla uusittaviin rataosiin käytetään pääasiassa raskasta 60E1 jatkuvakiskoa. 60E1 tarkoittaa, että metrin pituisen kiskopalan massa on 60 kg. Jatkuvakiskoraide on yli 300 metriä pitkä raide, jonka kiskoien päät on hitsattu. Lämpötilamuutoksista aiheutuva

pituuden muutos ei näy jatkuvakiskoraiteella, vaan lämpötilan muutokset aiheuttavat kiskoon jännitystä.

Rataosa voi sisältää eri rataluokkiin kuuluvia osuuksia, jotka täyttävät erilaisille luokille asetetut vaatimukset. Akselipainoltaan pienin rataluokka A toimii sallitun akselipainon osalta pullonkaulana, koska kuormaus täytyy mitoittaa sen mukaan. Tällöin juna liikkuessaan muilla rataosilla liikkuu sallittua akselipainoa pienemmällä kuormalla. Lisäksi myös suurin sallittu nopeus riippuu rataluokasta.

Ratahallintokeskus jakaa radat luokkiin rataosittain ja -osuuksittain. Luokituksessa otetaan huomioon radan kiskotuksen ja tukikerroksen lisäksi myös mm. radan muu rakenne, geometria ja kunto, turvalaitteet, sähköistys, sekä liikenteen määrä ja laatu.

### **2.2.2 Päälysrakenteen uusiminen**

Päälysrakenteen uusimisella tarkoitetaan kiskojen, ratapölkkyjen, vaihteiden ja tukikerroksen uusimista. Päälysrakennetta uudistettaessa voidaan tarvittaessa parantaa myös radan kantavuutta. Uusimisella voidaan mahdollistaa suuremmat akselipainot sekä junanopeuden nostamisen.

Rataluokan nostaminen luokasta A luokkaan B<sub>2</sub> mahdollistaa akselipainon noston 16 tonnista 22,5 tonniin. Tämä tarkoittaa, että uudistetulla radalla samoilla vaunuilla voidaan kuljettaa noin 40 % enemmän tavaraa.

### **2.2.3 Tasoristeysten poisto**

Tasoristeyskiä poistamalla voidaan parantaa turvallisuutta ja kasvattaa ratakapasiteettia, jos tasoristeyksestä aiheutuu nopeusrajoitus. Tasoristeysten varoituslaitteiden lisäämisen ja tasoristeysten poistamisen vaikutuksesta tasoristeysonnettomuudet ovat huomattavasti vähentyneet. Tasoristeyskiä pyritään poistamaan rataosilta, joilla on vaarallisten aineiden kuljetusta tai nopeaa liikennettä.



## **2.3 Radan varustelu**

### **2.3.1 Sähköistys**

Rautateiden sähköistämisen hyötyjä ovat käyttökustannusten aleneminen ja dieselvetoisuutta nopeamman junaliikenteen mahdollistaminen. Sähkövetoisuus vähentää käyttökustannukset noin puoleen verrattuna dieselvetoisen kustannuksiin. Lisäksi sähköistyksellä saavutetaan ympäristökustannuksissa huomattavia säästöjä. Dieselkalustolla ei voida liikennöidä yhtä nopeasti kuin sähkövetoisella kalustolla. Lisäksi kesken matkaa tapahtuvat vetureiden vaihdot jäävät pois. Voidaankin siis ylipäätään sanoa, että sähköistys nopeuttaa junaliikennettä.

Sähköistetty rata käsittää tavanomaisen radan rakenteiden lisäksi vetokaluston käyttämän sähköisen energian muuntamiseen ja siirtoon, toiminnan turvaamiseen ja vaaratekijöiden poistamiseen tarvittavat laitteet ja rakenteet.

Vaikka sähköistämisen edut ovat selvät, ei koko rataverkkoa ole sähköistetty. Sähköistäminen maksaa noin miljoona markkaa kilometri, joten vähän liikennöityjä rataosuuksia voidaan jättää yhteiskuntataloudellisista syistä sähköistämättä. Rataverkosta on sähköistetty noin 40 %, mutta sähkövedon osuus junasuoritteesta eli junakilometreistä on yli 70 %.

Junaliikenteen suoritemäärää voidaan kasvattaa radan sähköistämisellä, koska se mahdollistaa entistä pidempien ja raskaampien junien käytön sähkökaluston suurempien tehojen vuoksi.

### **2.3.2 Opasteet**

Opaste on näkyvä tai kuuluva merkki, jolla annetaan rautatieliikenteessä ilmoituksia ja käskyjä.

Rataverkolla tapahtuvaa liikennettä ohjataan opasteilla. Opaste annetaan yleensä kiinteällä opastimella, mutta se voidaan antaa myös radiolla, käsin tai vihellyksellä.

## **2.4 Ratapihat**

### **2.4.1 Ratapiha**

Ratapihalla tarkoitetaan liikennepaikan raiteistoa, jossa vetureita tai vaunuja kyetään yhdistelemään, erottamaan ja järjestelemään. Ratapihalla voi lisäksi järjestää juna-kohtaamisia eli sinne sopii useita junia kerrallaan. Ratapihaan voi liittyä henkilöliikenteen laiturit ja kuormausalue, jossa tavaraa voidaan kuormata vaunuihin tai purkaa vaunuista.

#### **2.4.1.1 Liikennepaikka**

Liikennepaikka on junaliikenteen turvaamista tai asiakaspalvelua varten rataosaselostuksessa nimitetty paikka. Liikennepaikka voi olla ratapiha, henkilöliikenteen pysähdyspaikka, puolenvaihtopaikka, linjavaihde, luvanottopaikka tai näiden yhdistelmä. Liikennepaikat pyritään sijoittamaan rataverkolle siten, että ne mahdollisimman hyvin täyttävät sekä asiakaspalvelu- että liikenteenhoitotehtävänsä. Niiltä tulee olla hyvät yhteydet muihin liikennemuotoihin ja niiden sijainnin tulee olla sopiva ottaen huomioon asutuksen, teollisuuden ja liikenteenhoidon tarpeet.

### **2.4.2 Ratapihajako**

Ratapihat jaetaan henkilöliikenteen ja tavaraliikenteen ratapihoiksi sekä kohtausratapihoiksi käyttötarkoituksen mukaan.

Henkilöliikenteen ratapihat toimivat henkilöliikenteen pääteasemina, junanvaihtoasemina ja muina matkustajapalveluasemina sekä kaluston asettelu- ja huoltoratapihoina. Tavaraliikenteen ratapihat palvelevat kuormaus- ja purkamistoimintaa sekä junanmuodostusta.

Kohtausratapihat palvelevat liikenteenhoitoa mahdollistamalla junakohtaukset ja ohitukset. Kohtausratapihoilla on oleellinen merkitys yksiraiteisten ratojen liikenteenvälityskykyyn ja sitä kautta myös radan kunnossapitoon ja kapasiteettiin.



## 2.5 Turvalaitteet

Turvalaitteilla ohjataan rautatieliikennettä ja ne sisältävät vaaratilanteita estävän logiikan. Ne lisäävät junaliikenteen turvallisuutta, alentavat kustannuksia, kasvattavat ratakapasiteettia ja pienentävät liikennehäiriöiden vaikutuksia. Turvalaitteiden tehtävänä on mahdollistaa rautatieliikenteen turvallinen ja sujuva ohjaus.

### 2.5.1 Turvalaitetekniikoista

Liikennettä turvaavia ja ohjaavia tekniikoita ovat asetinlaitteet, suojustus, kulunvalvonta, kauko-ohjaus ja tievaroituslaitokset. Perinteisessä jaottelussa puhutaan primääriseen ohjaukseen tarkoitetuista turvalaitteista, joille asetetaan turvallisen toiminnan vaatimus myös laitteiden vikaantuessa. Primäärisen ohjauksen laitteita ovat asetinlaitteet, suojustus, kulunvalvonta ja tievaroituslaitokset. Primääristen laitteiden lisäksi on laitteita, joilla tätä vaatimusta ei ole.

### 2.5.2 Liikenteenohjaus

Liikenteen ohjaamiseksi radat jaetaan kulkuteihin. Kulkutien muodostavat yleensä alkuun sijoitettu opastin, raideosuudet ja kulkureitin vaihteet sekä sivusuojan tarjoavat elementit, kulkutien maaliopastin ja tämän jälkeinen ohiajovara. Junakulkutiet varustetaan pääopastimin ja niitä edeltävin esiopastimin. Esiopastinetäisyyden minimietäisyys määräytyy 140 km/h jarrutusmatkan mukaan eli samoin perustein kuin kulkutien minimipituuskin, mikä on 1200 metriä. Kulunvalvontajärjestelmä saa informaatiota monen kilometrin matkalta useista edellä olevista opasteista, mikä mahdollistaa 140 km/h nopeuden ylittämisen. Junakulkuteille asetetaan täydet turvaamisvaatimukset opastinetäisyyksin, lukitusten, osuuksien vapaana olon, sivusuojoin, maaliopastimien valvonnan ja ohiajovaran suhteen.

Periaatteena liikenteenohjauksessa on, että kulkutie varataan kerrallaan yhden junan käyttöön. Tätä ennen on täytynyt tarkistaa, ettei mitään kulkutien elementtejä ole jo lukittuna muuhun käyttöön, kulkuteiden vaihteet ovat kääntyneet ja lukittuneet oikeisiin

asentoihinsa, vaadittavat raideosuudet ovat vapaat ja kaikki valvonnat ovat kunnossa. Sähköiset turvalaitteet huolehtivat myös opastimien asettamisesta "seis" -asentoon ja kulkutien lukitusten purkamisesta junan perässä automaattisesti.

### 2.5.3 Suojastus

Suojastetulla radalla ratalinja on jaettu suojaväleihin, joilla liikennettä ohjataan valo-opastein. Opasteet kertovat, onko rataosa vapaa vai varattu. Suojastuksen ansiosta asemien välillä voi kulkea samaan suuntaan useita junia, mikä nostaa ratakapasiteetin määrää. Suojastettu rataosuus voi olla myös kauko-ohjattu, jolloin vaihteet voidaan keskitetysti kääntää ja näin turvata kulkutie useilla liikennepaikoilla. Kauko-ohjatuilla rataosuuksilla ei tarvita junansuorittajia liikennepaikoilla. Suojaväli voi olla myös pitkä, jos ratavälillä ei ole tarvetta usean junan samanaikaiseen liikennöintiin. Suojastusvälin ollessa koko asemavälin mittainen käytetään suojastuksesta nimitystä asemavälisuojastus.

Suojastuksen ansiosta rataosalle voidaan lähettää peräkkäin useampia junia. Junat lähetetään suojastuksen sallimassa tiheydessä. Yksiraiteisella rataosuudella, jolla ei ole kohtauspaiikkoja, toiseen suuntaan tapahtuva liikenne voi lähteä liikkeelle vasta, kun kaikki vastaan tulevat junat ovat tulleet asemalle. Suojavälien tiheys vaikuttaa radan kapasiteetin määrään. Mitä tiheämmässä suojavälejä on, sitä tiheämmässä junat voivat kulkea.

Asetinlaitteilla turvataan liikennepaikkojen liikenne. Alueasetinlaitteissa voi olla useamman liikennepaikan turvalaitteet ja suojastus rakennettu saman asetinlaitteen alaisuuteen. Esimerkiksi Hämeenlinnan alueasetinlaitteessa on Hämeenlinna Riihimäki -välin turvalaitteet ja suojastus.

Suojastus perustuu raidevirtapiiri- tai akselinlaskentajärjestelmiin, joilla valvotaan linjan vapaana tai varattuna oloa. Suojastusjärjestelmä turvaa junaliikenteen linjaraiteella eli naapuriliikennepaikkojen tulosuunnan pääopastimien välisellä alueella. Lisäksi itse liikennepaikka voi kuulua suojastuksen alaisuuteen.

Turku Toijala -välille on valmistunut suojustusjärjestelmä, kauko-ohjaus ja sähköistys vuonna 2000. Rataverkosta suojustettua rataa oli elokuussa 2000 yhteensä 2 276 kilometriä eli noin 40 %. Lisäksi kauko-ohjattua rataa on 2 040 kilometriä.

### 2.5.3.1 Suojastuksen toiminta

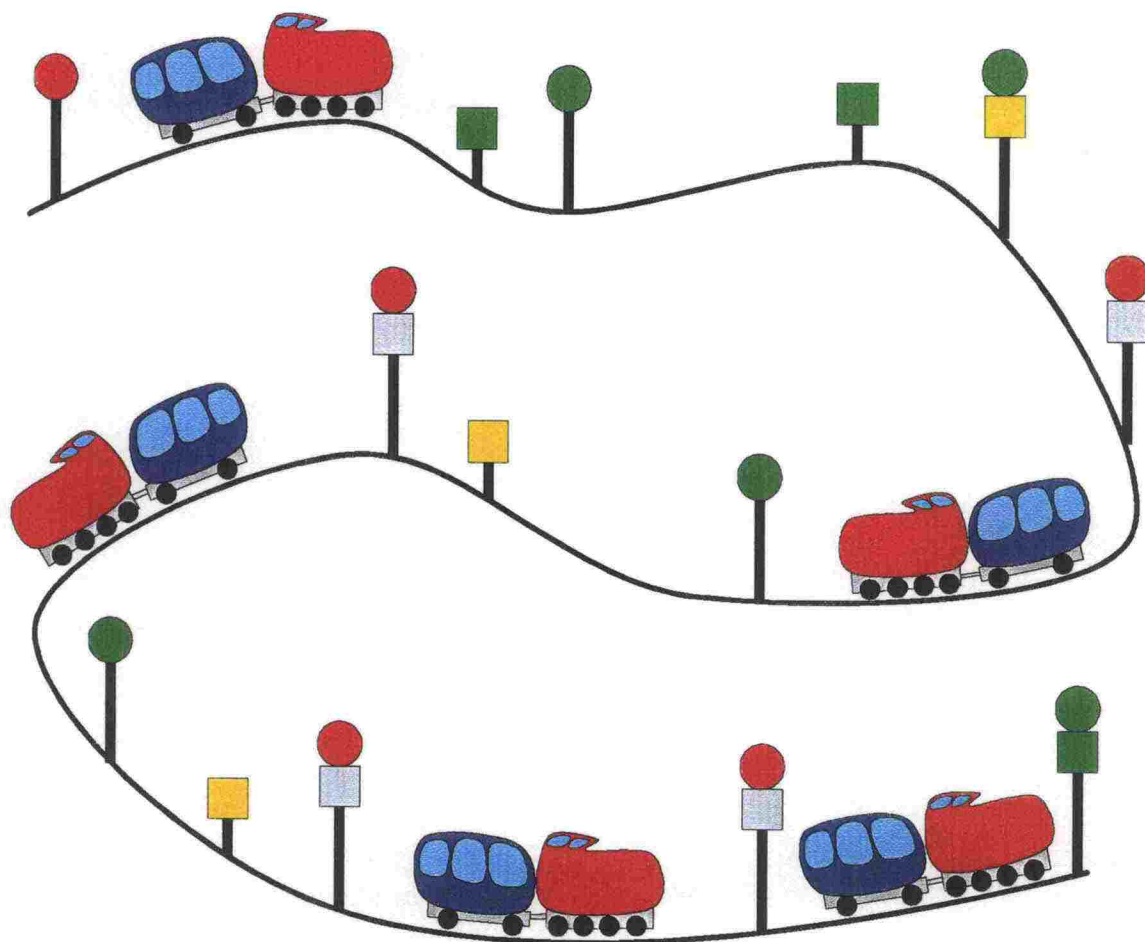
Tässä kappaleessa käsitellään uuden suojustusjärjestelmän mukaista suojustuksen toimintaa. Suomessa on vieläkin monin paikoin käytössä vanha suojustusjärjestelmä, automaattinen linjasuojastus, mutta sen toimintaa ei tässä käsitellä.

Suojastettu rataosa on jaettu suojaväleihin, jonka minimietäisyys on junan jarrutusmatka. Liikennettä ohjataan valo-opasteilla. Opaste on vihreä eli *aja*, jos rataosuus on vapaa ja punainen eli *seis* sen ollessa varattu. Yhdellä suojustusvälillä voi olla vain yksi juna kerrallaan. Juna ei voi ohittaa pääopastinta, joka kertoo seuraavan suojustusvälin olevan varattu. Punainen opaste muuttuu vihreäksi, kun edellä oleva juna ohittaa seuraavan pääopasteen.

Esiopastin välittää tiedon sitä seuraavasta pääopasteesta. Esiopaste on vihreä, jos sitä seuraava pääopaste on vihreä eli silloin kun pääopastetta seuraava suojustusväli on vapaa. Kun pääopaste on punainen, on sen esiopaste keltainen. Jos pääopastimen yhteyteen on sijoitettu esiopastin ja pääopaste on punainen, niin silloin pääopastimen yhteydessä oleva seuraavasta pääopasteesta kertova esiopastin on sammuksissa. Vastakkaisen ajosuunnan kaikki pääopastimet näyttävät punaista, ja esiopasteet ovat sammuksissa.

Suojastuksen toimintaa esittävässä kuvassa 11 pääopastimet ovat pyöreitä ja esiopastimet neliöitä. Pääopastimen vihreä tai punainen väri kuvaa seuraavan rataosan vapautta. Esiopastin kertoo seuraavan pääopastimen opasteesta. Kun juna ylittää vihreänä olevan pääopasteen, muuttuu ohitettu pääopaste punaiseksi, ja pääopasteen yhteydessä oleva seuraavaa pääopastetta kuvaava esiopastin on sammuksissa. Sammuksissa oleminen on kuvassa kuvattu harmaalla.





Kuva 11: suojustus

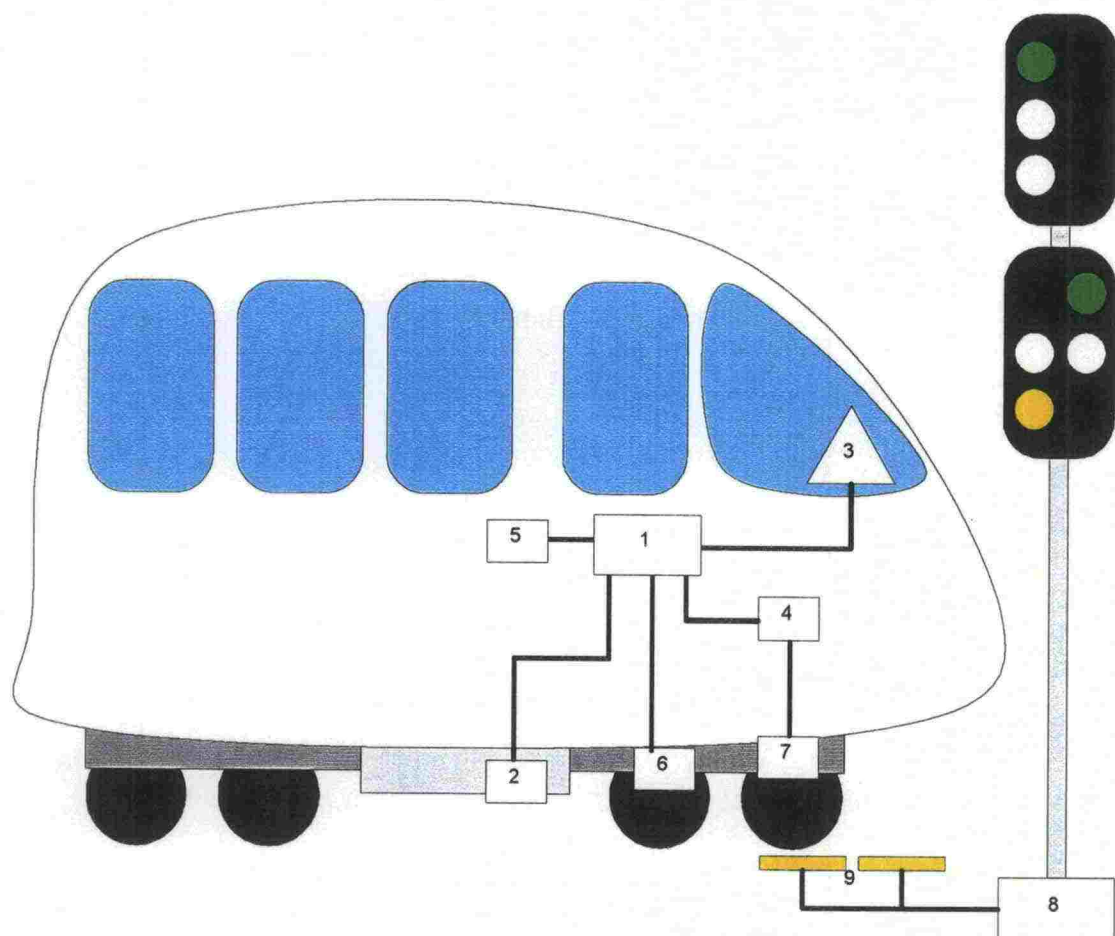
## 2.5.4 Kulunvalvonta

Junien kulunvalvonta (JKV) on automaattinen järjestelmä, joka valvoo junien nopeutta ja kykenee pysäyttämään junat tarvittaessa. Kulunvalvonnalla tarkoitetaan laitteistoa, jolla varmistetaan junan suurimman sallitun nopeuden sekä junan kulkuun vaikuttavien opasteiden ja nopeusrajoitusten noudattaminen. Junan ylittäessä sallitun nopeuden jarruttaa laitteisto nopeuden sallittuun nopeuteen, minkä jälkeen kuljettaja voi poistaa kulunvalvonnan jarrutuksen. Kulunvalvonta ei irrota automaattisesti jarrutustaan. Kulunvalvonta tekee hätäjarrutuksen, jos käyttöjarrutus ei ole riittävä. Hätäjarrutuksen irrotus on mahdollinen vasta junan pysähtyttyä. Radalle rakennetun kulunvalvontajärjestelmän lisäksi täytyy käytössä olla kalusto, joka kykenee vastaanottamaan informaatiota, jotta järjestelmästä olisi hyötyä.

Junaturvallisuudelle tärkeät tiedot siirtyvät tietokoneohjatusti radasta veturiin ja välittyvät edelleen veturinkuljettajalle. Järjestelmä edellyttää rataa ja vetureihin asennettavia laitteita ja se mahdollistaa yli 140 km/h nopeuden käytön, koska Suomessa 140 km/h on suurin sallittu nopeus, jos kulunvalvontajärjestelmä ei ole. Suurin sallittu nopeus on 80 km/h, jos kulunvalvontajärjestelmä on rakennettu, mutta se ei ole käytössä.

Suomen rataverkolla käytettävä kulunvalvonta on pistemäinen kulunvalvonta, jossa junaan välitetään nopeuden säätöön tarvittavat tiedot rataa sijoitettujen baliisien (kuvassa 12 kohta 9) avulla. Baliisit sijaitsevat opastimien kohdalla ja tarvittaessa paikoissa, joissa on tarvetta välittää tietoa veturiin. Tällaisia paikkoja ovat mm. nopeusrajoitusten etumerkit ja pitkillä opastinväleillä tarvittavat esiopastinpisteet, joissa ei ole näkyvää opastinta. Baliiseja on varmistuksen vuoksi aina kaksi yhdessä tiedonsiirtokohdassa.

Kulunvalvonta saattaa alentaa kapasiteettia pistemäisen kulunvalvonnan vaikutuksesta. Esiopastimen ilmaistessa seuraavan pääopastimen olevan punainen, täytyy kuljettajan pysähtyä kulunvalvonnan vuoksi ennen pääopastinta odottamaan rataosan vapautumista, mikä ilmenee opasteen muuttumisena vihreäksi, jos kulunvalvonta ei saa välillä muuttuvaa tietoa. Jos kuitenkin edellä oleva rataosa vapautuu ja pääopaste vaihtuu vihreäksi, niin kuljettaja voisi lopettaa jarrutuksen ja aloittaa junan kiihdytyksen ilman kulunvalvontaa. Pysähtymiseen ja uudelleen kiihdyttämiseen kuluu ylimääräistä aikaa. Tämänkaltaista kapasiteetin pienenemistä voidaan vähentää ylimääräisillä toistobaliiseilla, joiden ansioista junaan voidaan välittää tietoa useammin.



Kuva 12: kulunvalvonta

1. Tietojenkäsittelylaite
2. Antenni
3. Kuljettajapaneeli ja nopeusmittari
4. Releyksikkö
5. Rekisteröintilaite
6. Takometri (matkan ja nopeuden mittaus)
7. Jarrujärjestelmä
8. Koodain
9. Baliisit

Kulunvalvontajärjestelmä koostuu rata- ja veturilaitteista. Ratalaitteita ovat koodaimet, BIS-kortit ja baliisit. Veturilaitteita ovat keskusyksikkö, releyksikkö, antenni, takometri, jarrujärjestelmän ohjaus, rekisteröintilaitte, nopeusmittarin lisänäytöt ja kuljettajan paneeli.

Pistemäisen kulunvalvontajärjestelmän lisäksi on olemassa jatkuva kulunvalvontajärjestelmä, jossa raiteiden väliin on sijoitettu johto, joka välittää informaatiota junaan koko ajan. Tällainen järjestelmä on käytössä mm. Saksassa.

- *Rautatieinfrastruktuurilla tarkoitetaan raiteita, radan rakennetta ja varustelua, ratapihoja, kohtauspaikkoja sekä turvalaitteita.*
- *Yksiraiteisen radan kapasiteettia voidaan kasvattaa rakentamalla kohtauspaikkoja tai suojastus.*
- *Puolenvaihtopaikka kaksiraiteisella radalla helpottaa ratatöiden järjestämistä ja mahdollistaa samaan suuntaan liikkuvien junien ohitukset.*
- *Radat jaetaan rataluokkiin A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ja C liikenteen ja radan ominaisuuksien mukaan.*
- *Sähköistämällä saavutetaan useita hyötyjä dieselkalustoon verrattuna.*
- *Turvalaitteilla ohjataan rautatieliikennettä.*
- *Suojastus mahdollistaa tiheämmän liikenteen.*
- *Kulunvalvontajärjestelmä valvoo junien nopeutta.*

### 3 LIIKKUVAN KALUSTON VAIKUTUS RATAKAPASITEETTIIN



Kuva 13: mindmap, liikkuva kalusto ja suoritemäärän kasvu

#### 3.1 Kaluston ominaisuudet

Liikkuvan kaluston ominaisuudet vaikuttavat osaltaan suoritemäärään sekä ratakapasiteettiin ja sen käyttöasteeseen. Vaunun kapasiteetti, henkilö- tai tonnimäärä tai tilavuus, sekä vaunujen lukumäärä muodostavat liikkuessaan suoritemäärän.

Henkilöjunien kapasiteettia voidaan kasvattaa lisäämällä junaan vaunuja. Merkittävä vaunukapasiteetin lisäys on kaksikerroksisuus. Tavaraliikenteessä vaunun kapasiteetti ei ole useinkaan rajoittava tekijä, vaan sallittu akselipaino.

##### 3.1.1 Kaluston kapasiteetti

Liikkuvan kaluston kapasiteetti vaikuttaa suuresti suoritetasoon eli siihen miten monta tonnia tai henkilöä kulkee tietyllä välillä tunnissa tai vuorokaudessa. Tarkastellaan liikkuvan kaluston kapasiteetin vaikutusta suoritemäärään yksinkertaisen esimerkin avulla.



Asemalta A on 100 km matkaa asemalle B. Välillä ei ole kohtauspaikkoja eikä suojustusta, joten rataosalla voi olla vain yksi juna kerrallaan. Oletetaan kysynnän olevan aina tarjontaa suurempi.

Tavallinen pikajuna kuljettaa kyseisellä välillä viidellä vaunulla 250 matkustajaa noin 100 km/h nopeudella, jolloin matkaan kuluu aikaa 1 tunti. Suoritemäärä on 250 matkustajaa tunnissa. Lisättäessä samaan pikajunaan viisi vaunua, matka kuluu saman verran aikaa, mutta matkustajia kuljetetaan 500. Kun tämä juna kulkeekin matkan nopeudella 140 km/h, matkaan kuluu aikaa noin 45 minuuttia, jolloin 15 minuuttia jää muun liikenteen käyttöön. Suoritemäärä on tällöin 670 matkustajaa tunnissa, jos lasketaan jatkuvan liikennöinnin keskiarvo.

Pendolino pystyy liikkumaan samalla välillä nopeudella 200 km/h sisältäen 250 matkustajaa, jolloin matkaan kuluu puoli tuntia. Tällöin kaksi Pendolinoä ehtii kulkemaan tarkasteltavan tunnin aikana asemien välillä, jolloin suoritemäärä on 500 matkustajaa tunnissa.

Kaksikerroksinen matkustajajuna IC2 pystyy myös liikkumaan nopeudella 200 km/h. Kun IC2 kulkee samalla matkustajamäärällä ja lähes samalla nopeudella kuin Pendolino, on IC2:n suoritemäärä 500 matkustajaa tunnissa. Pendolino on nopeampi kaarteisilla radoilla kallistuvien korien ansiosta. Kasvatettaessa IC2 junan vaunumäärä kaksinkertaiseksi edelliseen verrattuna nousee suoritemäärä 1000 matkustajaan tunnissa.

On kuitenkin huomioitava, että kaikkia henkilöliikenteen junia ei kannata vaihtaa IC2 juniin, vaikka niillä tämän esimerkkitarkastelun mukaan saavutetaankin suurin suoritemäärä aikayksikköä kohden. Junien kulkemat matkat ovat eri mittaisia sekä matkustajien mukavuus- ja laatuodotukset ovat erilaisia. Lisäksi junien pysähtymisvälit vaihtelevat huomattavasti. Erilaisia junia tarvitaan tarjoamaan erilaisia ajonopeuksia ja palvelutasoja.

Tavaraliikenteen kuljetusten suoritemäärää ja sen vaihtelua erilaisilla kalustoilla voidaan tarkastella vastaavasti akselipainojen, junapituuden ja nopeuden muutoksilla. Tavarajunien vaunukapasiteettia ei ole tarpeen kasvattaa, koska rajoittavana tekijänä on sallitut akselipainot eli kuinka paljon raide kykenee kantamaan. Suomessa rataluokilla B ja C

sallittu akselipaino on 22,5 tonnia. Esimerkiksi Yhdysvalloissa sallittu akselipaino on suurempi; 30 - 32,5 tonnia tiheämmän pölkytyksen ja raskaampien kiskojen ansiosta. Neliakselisen tavaravaunun painaessa 20 tonnia kyetään Suomessa kuljettamaan tavaraa 70 tonnia ja Yhdysvalloissa 100 tonnia. Näissä kuljetuskapasiteeteissa on huomattava ero. Sallitun akselipainon nostaminen lyhentää junien pituuksia, koska vaunuihin voidaan kuormata enemmän tavaraa. Vastaavasti sallittua akselipainoa kevyempien tavarajunien suurin sallittu nopeus on suurempi.

### **3.2 Kallistuvat korit**

Junien kallistustekniikka mahdollistaa suuremman nopeuden kaarteissa. Perinteisellä kalustolla ajettaessa kaarteeseen hidastetaan nopeutta matkustusmukavuuden säilyttämiseksi. Kallistuvakoraisuus vähentää kaarteissa koettua sivusuuntaisen liikkeen tunnetta, jolloin kaarteissa voidaan ajaa nopeammin kuin perinteisellä kalustolla. Kallistuvassa junassa keskeiskiihtyvyyttä eli keskihakuvoimaa ei koeta yhtä voimakkaana. Tavara-liikenteessä kallistuvaa kalustoa ei tarvita, koska matkustajia ei ole.

### **3.3 Junapaino, teho ja jarruominaisuudet**

Junapaino ja -pituus vaikuttavat junan liikkumis- ja suorituskykyyn. Mitä pidempi ja painavampi juna on sen hitaammin se kiihtyy. Hitaasti kiihtyvällä junalla menee pitkään ennen kuin se saavuttaa suurimman sallitun nopeuden. Lisäksi raskaat junat eivät aina pysty ajamaan suurinta sallittua nopeutta. Liikkuminen radalla varaa aina ratakapasiteettia, ja hidas liikkuminen varaa luonnollisesti sitä enemmän.

Junapituus kasvattaa junan kokonaispainoa, mikä tekee pitkistä junista hidastuvan kiihtyvyyden vuoksi ratakapasiteettia enemmän varaavia. Lisäksi erittäin pitkät tavarajunat eivät voi käyttää lyhyimpiä kohtausraiteita pysähtymiseen, koska ne ovat lyhyempiä kuin itse tavarajuna, jolloin junakohtaus on mahdotonta.

Junan jarruominaisuudet vaikuttavat junan pysähtymiseen. Veturi- ja vaunukaluston jarrulaiteet ovat rakenteeltaan paineilmajarruja, sähkömagneettisia kiskojaarruja, sähköjarruja, käsijarruja tai jalkajarruja.



Liikkuvan kaluston ominaisuudet määräävät miten nopeasti juna kykenee liikkumaan. Junatehon ja sen vaikutuksesta kiihtyvyyden ja maksiminopeuden kasvaminen nopeuttaa liikennettä ja siten vähentää matka-aikoja, jolloin liikenne varaa vähemmän ratakapasiteettia. Tehon ja nopeustason kasvattaminen vapauttaa siis ratakapasiteettia muun liikenteen käyttöön, mikä voidaan nähdä ratakapasiteetin kasvamisena.

Sadan kilometrin rataosuuden kulkeminen nopeudella 200 km/h 140 km/h:n sijaan lyhentää matka-ajan 43 minuutista puoleen tuntiin, eli aikaa vapautuu 13 minuuttia. Nopeuden nostaminen lisää kapasiteettia enemmän ja liikenteenohjaus helpottuu, jos kyetään nostamaan koko liikenteen nopeutta.

Junan suurin sallittu nopeus vaihteessa vaikuttaa ratakapasiteetin suuruuteen. Lyhyessä vaihteessa sallitaan korkeintaan nopeus 35 km/h ja pitkissä vaihteissa 70, 80, 110 km/h:n tai jopa 140 km/h:n nopeus. Lyhyen vaihteen korvaaminen pitkällä vaihteella vähentää kulutettua aikaa, koska jarruttamiseen ja uudelleen kiihdyttämiseen ei kulu yhtä paljoa aikaa.

Eri veturisarjojen suurimmissa sallituissa akselipainoissa on otettava huomioon rata-tekniset vaatimukset. Vetovoimakaluston sallitut nopeudet on määriteltä Junaturvallisuussääntöön liittyvissä teknisissä määräyksissä ja ohjeissa (Jtt) sekä vetovoimakaluston rakenteen että ratatekniikan kannalta.

Tavoitenopeuden perusteella vetokaluston suurimmat akselipainot ovat:

	nopeus $\leq$ 160 km/h	21,5 t
160 km/h <	nopeus $\leq$ 210 km/h	21 t
210 km/h <	nopeus $\leq$ 230 km/h	20 t
	nopeus > 230 km/h	17 t

Veturikaluston massoja, tehoja ja suurimpia nopeuksia esitetään liitteessä 1 olevassa taulukossa. Sähkökaluston kohdalla ilmoitettu teho on nimellisteho, mikä tarkoittaa, että veturia voidaan hetkellisesti ylikuormittaa huomattavasti enemmän. Dieselkalustolla ei luonnollisestikaan vastaavanlaista voida tehdä, joten diesel- ja sähkövetureiden tehoklukujen vertailua ei kannata tehdä liian tarkkaan.

### 3.4 Liikenteen rakenne

Junaliikennöinti tapahtuu raiteilla, joilla ohittaminen on mahdotonta ellei kohta- tai puolenvaihtopaikkaa ei ole. Liikenne täytyykin suunnitella huolella, jotta kaikki junat voisivat mahdollisuuksien mukaan ajaa omaa suurinta sallittua nopeuttaan. Junaliikenteen yhteensovittamisen ongelmallisuus perustuu junien erilaisiin nopeuksiin. Taulukosta 2 ilmenee erilaisten junien tyypillisiä suurimpia nopeuksia.

Juna	Nopeus [km/h]
Henkilöliikenne	
- Pendolino	200
- IC	160
- Pikajuna	140
- Lähiliikennejuna	120
Tavaraliikenne	
- Tavarajuna	100 - 120
- Hidas tavarajuna	60 - 100
Ratatyöt	
- Työkoneet ym. siirtyminen	~ 40 - 80
- Työkoneet työskentely	0 - 5

Taulukko 2: junanopeuksia

- *Liikkuvan kaluston ominaisuuksia ovat junapituus, junapaino, teho ja kaluston kapasiteetti.*
- *Suoritemäärää voidaan kasvattaa ajamalla nopeammin ja lisäämällä junaan vaunuja.*



## 4 INFRASTRUKTUURIN JA KALUSTON YHTEENSOVITTAMINEN

Liikkuva kalusto sovitetaan infrastruktuurille aikataulusuunnittelulla ja liikenteenohjauksella. Infrastruktuuriin kohdistuu kunnostus- ja ylläpitotöitä, jotka on otettava huomioon aikataulusuunnittelussa. Ratatyöt saattavat katkaista raiteella liikkuvan liikenteen useiksi tunneiksi tai vuorokausiksi. Ratatyöt vaikuttavat suuresti ratakapasiteetin määrään, joten kunnostettavan ratavälin toimivuus ja kapasiteetin riittävyys on tarkastettava huolella.

### 4.1 Asiakas

Asiakas ja asiakkaan tarpeet ovat keskeisessä asemassa rautatieliikenteessä. Asiakkaiden matkustus- ja kuljetustarpeet ovat kysyntää, johon pyritään vastaamaan tarjoamalla palveluita. Ensin on oltava kysyntää, jota voidaan yrittää tyydyttää.

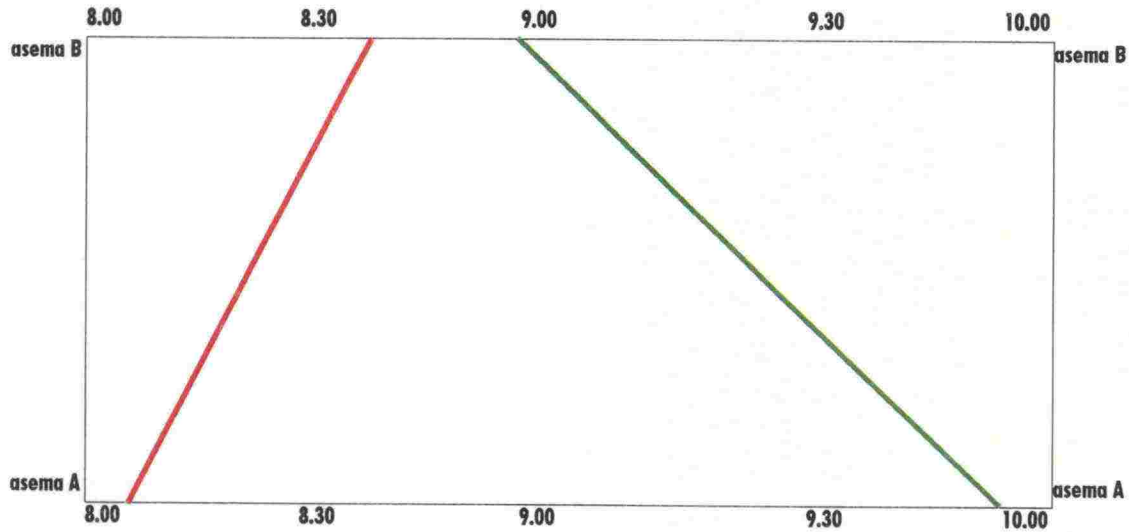
Liikennettä pyritään järjestämään asiakkaiden toiveiden mukaisesti niin henkilö- kuin tavaraliikenteessä. Asiakkaiden kysyntä muodostaa liikenteen huipputunnit, joiden ajankohta vaihtelee rataosittain.

On tärkeää huomata, että asiakas kuuluu olennaiseksi vaikuttajaksi ratakapasiteettiin. Liikkuvaa kalustoa on turha sovittaa infrastruktuurille, jos kuljetustarvetta ei ole.

### 4.2 Aikataulurakenne

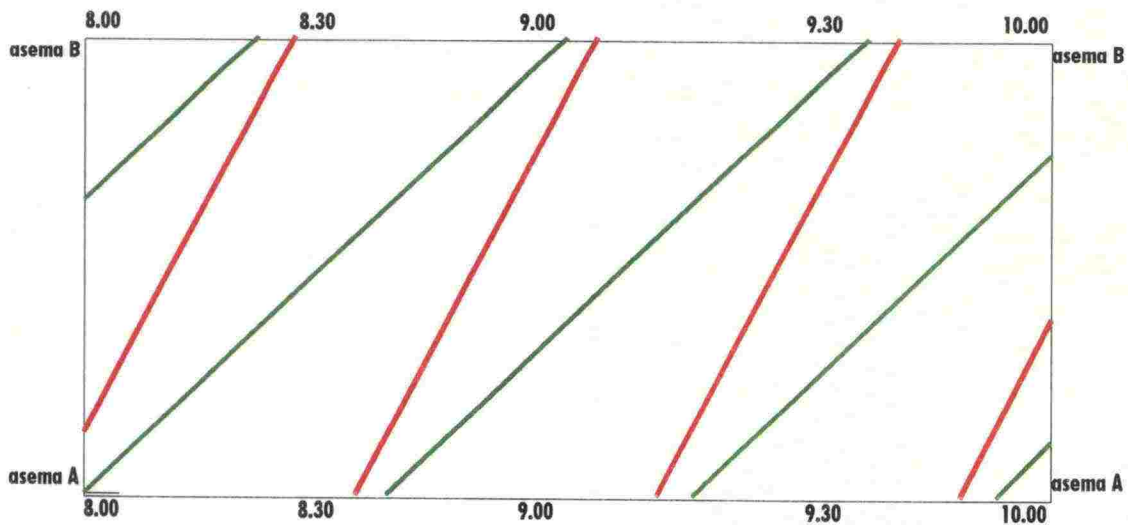
Aikataulurakenne kuvaa erityyppisten junien kulkujärjestystä. Aikataulu voidaan esittää graafisessa muodossa, josta havainnollisesti näkyvät liikkuvat junat ja niiden matka-ajat. Graafisessa aikataulussa pystyakseli kuvaa etäisyyttä ja vaaka-akseli ajan kulumista. Alempi vaaka-akseli on esimerkkikuvissa lähtöasema ja ylempi akseli pääteasema. Yksi viiva esittää yhtä junaa ja sen kulkua. Viivan kaltevuus kuvaa junan keskinopeutta kyseisellä rataosuudella. Nopeat junat ilmenevät graafisen aikataulun jyrkkinä viivoina ja hitaat junat loivina.

Kuvassa 14 asemavälillä A B liikkuu kaksi junaa 8 ja 10 välillä. Punaisella merkitty nopea juna lähtee asemalta A 8.05 ja saapuu asemalle B 8.35. Vihreällä kuvattu hidas juna lähtee asemalta B 8.55 ja saapuu asemalle A 9.50.



Kuva 14: graafinen aikataulu

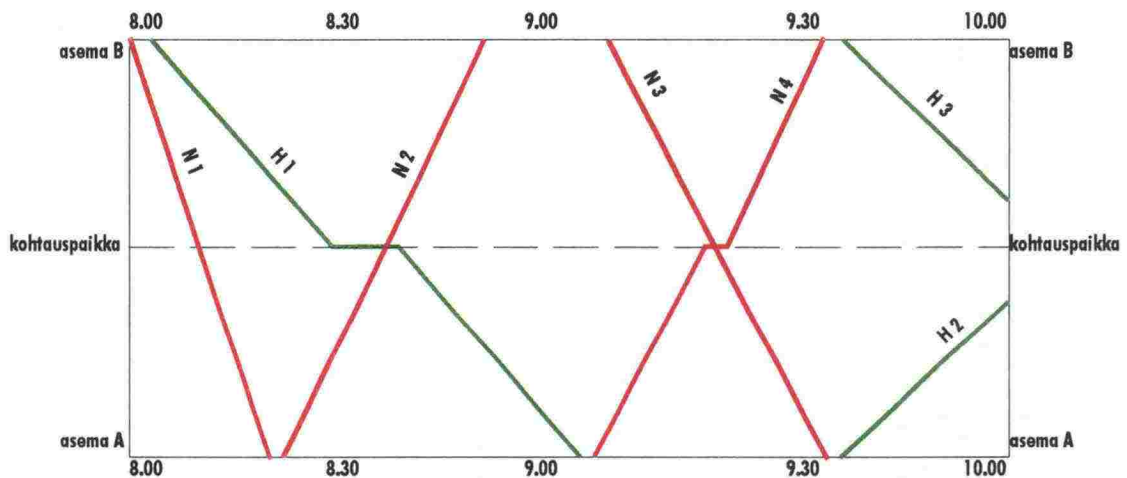
Kuvan 15 asemavälillä liikkuu sekä nopeita että hitaita junia. Nopeat junat ovat punaisia viivoja ja hitaat vihreitä. Asemien välinen rataosuus on suojastettu, joten siellä kykenee liikkumaan useita junia samanaikaisesti. Kuvassa junat liikkuvat vuorotellen yhteen suuntaan.



Kuva 15: graafinen aikataulu

Todellisuudessa graafinen aikataulu sisältää monenlaisia junia, jotka liikkuvat molempiin suuntiin. Kuva 16 esittää yksinkertaista graafista aikataulua yksiraiteisella radalla, jolla on

yksi kohtauspaikka. Kuvassa ensimmäinen juna N1 lähtee asemalta B 8.00 ja saapuu asemalle A 8.20. Edellistä hitaampi juna H1 lähtee asemalta B 8.05 ja saapuu kohtauspaikkaan 8.25, jossa se odottaa junaa N2 15 minuuttia, jonka jälkeen se jatkaa matkaa saapuen asemalle A 9.05. Nopea juna N2 lähtee asemalta A 8.25, sivuuttaa junan H1 kohtauspaikassa ja saapuu asemalle B 8.50. Juna N4 odottaa kohtaamispaikassa junan N3 sivuuttamista. Kello 9.35 lähtevät junat H2 asemalta A ja H3 asemalta B.



Kuva 16: graafinen aikataulu

### 4.3 Aikataulusuunnittelu

Aikataulusuunnittelu on keskeisessä asemassa rautatieliikenteessä, sillä ilman tehokasta aikataulusuunnittelua on mahdotonta ylläpitää rautatieverkkoa, jossa päivittäin liikkuu suuria liikennevirtoja. Aikataulusuunnittelu ja liikenteenohjaus olisi helppoa, jos kaikki junat kulkisivat samalla nopeudella. Kuitenkin radalla on nopeita ja hitaita junia, jotka täytyy sovittaa rataosille.

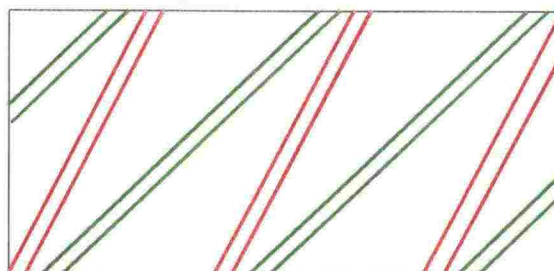
Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ovat junakalusto, pysähdyspaikkojen määrä, suurin sallittu nopeus sekä mahdolliset ratatyöt ja nopeusrajoitukset. Lisäksi junakuljettajien henkilöstön kierto ja lepotauot vaikuttavat liikennöinnin mahdollisuuksiin.



Uuden aikataulun suunnitteluprosessiin elementtejä ovat edellinen aikataulu, esiinnousseet uudet tilanteet sekä muuttuneet tarpeet ja kysynyt. Ratahallintokeskus voi asettaa turvallisuuden huomioon ottamiseksi rajoituksia liikennöinnille.

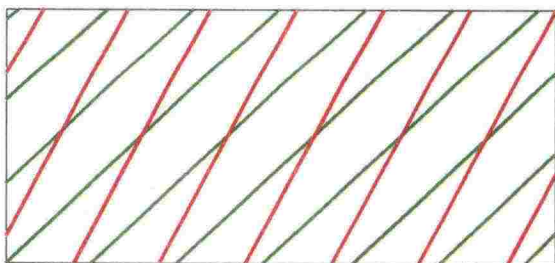
Aikataulusuunnittelulla voidaan kasvattaa ratakapasiteetin käyttöastetta. Jos kaikki erilaiset junat kykenisivät liikkumaan yhtä nopeasti, ei liikenteen rakenteella olisi väliä. Käytännössä junien nopeuserot ovat huomattavia, joten junaliikenteen rakenteeseen täytyy kiinnittää suurta huomiota.

Kuva 17 esittää tilannetta, jossa lähetetään vuorotellen kaksi samalla nopeudella liikkuvaa junaa peräkkäin ns. juna-jonoperiaatteen mukaisesti. Suoritemäärä lähes kaksinkertaistuu verrattuna tilanteeseen, jossa nopeita ja hitaita junia liikkuu vuorotellen (kuva 15).

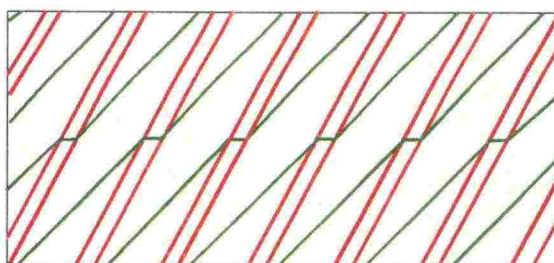


Kuva 17: graafinen aikataulu

Rataosan suoritemäärää ja kapasiteettia voidaan vielä kasvattaa rakentamalla välille kohtausta. Yksisuuntainen liikenne voidaan järjestää esimerkiksi alla olevien kuvien mukaisesti.



Kuva 18: graafinen aikataulu



Kuva 19: graafinen aikataulu

Kuvassa 18 hitaampia ja nopeampia junia lähetetään matkaan vuorotellen. Hidas juna ajaa sivuun kohtausta ja nopea juna ohittaa sen, jonka jälkeen hitaampi jatkaa matkaa. Kuvassa 19 matkaan lähetetään vuorotellen kaksi nopeaa ja yksi hidas juna. Hidas juna ajaa kohtausta sivuun ja seisoo paikallaan ja odottaa kunnes molemmat nopeat junat ovat päässeet ohi.



#### 4.4 Liikenteenohjaus

Junaliikenteen ohjauksen tehtävä on toteuttaa ja valvoa junien kulkua siten, että junat voivat kulkea aikataulun mukaisesti, turvallisesti ja kokonaisuus huomioon ottaen taloudellisesti ja tarkoituksenmukaisesti. Muita liikenteenohjauksen tehtäviä ovat toimintojen koordinointi häiriötilanteissa sekä radoilla tehtävien projekti- ja kunnossapitotöiden raidevarausten toteuttaminen ja valvominen.

Liikenteenohjauksen tarkoituksena on varmistaa junille turvallinen kulku, ohjata liikennettä aikatauluja noudattaen, suorittaa raidevaraukset ja toteuttaa muut liikenteenohjaukseen liittyvät toimenpiteet. Liikenteenohjaus toimii operatiivisena ratakapasiteetin jakajana.

Ratahallintokeskus vastaa liikenteenohjauksesta ja sen kehittämisestä. Tavoitteina tällä sektorilla on turvallisuuden parantaminen, liikenteen ja aikataulusuunnittelun joustavuuden lisääminen sekä aiempaa rationaalisemmat ja taloudellisemmat toiminnot.

Liikenteenohjausta tapahtuu kolmella tasolla: paikallisella, alueellisella ja valtakunnallisella. Paikallinen liikenteenohjaus voi toimia yhden junasuorittajan voimin. Kauko-ohjaaja voi hoitaa usean aseman junasuorittajan tehtäviä. Alueellinen junaohjaaja suunnittelee liikenteen sujuvuutta ja on yhteydessä junasuorittajiin.

- *Liikkuva kalusto sovitetaan infrastruktuurille aikataulusuunnittelulla ja liikenteenohjauksella.*
- *Asiakkaiden tarpeet ja radan ylläpitotyöt on otettava aikataulusuunnittelussa huomioon.*
- *Aikataulurakenne kuvaa erilaisten junien kulkujärjestystä.*
- *Aikataulusuunnittelulla luodaan tehokasta rautatieliikennettä.*

## 5 RATAKAPASITEETIN KÄYTTÖASTE

### 5.1 Mitä ratakapasiteetin käyttöaste tarkoittaa?

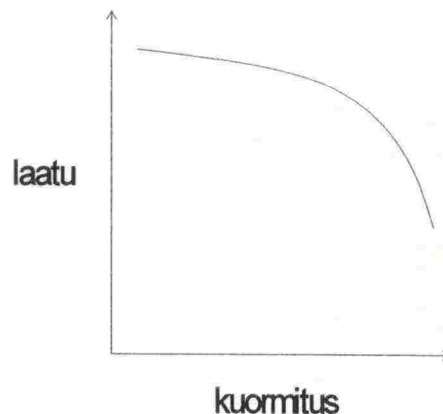
Kapasiteetin käyttöaste tarkoittaa rataverkolla tapahtuvan liikennesuorituksen suhdetta ratakapasiteettiin.

Käyttöastetta voidaan tarkastella simulointiohjelmilla tai laskea erilaisilla matemaattisilla kaavoilla.

### 5.2 Miten ratakapasiteetin käyttöaste ilmenee?

Liikenne ja sen toimivuus muuttuvat ratakapasiteetin käyttöasteen mukaan. Pienellä käyttöasteella rataosalla liikennöiviä junia on vain vähän. Tällöin häiriötekijöistä ei ole juurikaan haittaa.

Käyttöasteen ollessa korkea häiriöistä palautumiskyky heikkenee. Yksi myöhästynyt juna myöhästyttää helposti muitakin. Kuormituksen ja ratakapasiteetin käyttöasteen kasvaessa laatutaso laskee, so. myöhästymiset lisääntyvät.



Kuva 20: laatu kuormituksen funktiona -kuvaaja

5.2.1 Sopiva käyttöaste

Sekaliikenteisen radan sopivana käyttöasteena pidetään 40 - 60 %, koska silloin kuormitus ja liikenteen laatu ovat tasapainossa. Optimaalinen käyttöaste on useiden lähteiden mukaan 60 %. Tällöin liikenne sietää vielä kohtuullisen hyvin häiriötekijöitä, ja kykenee palautumaan niistä. Suomen talvioloissa optimaalinen käyttöaste on kuitenkin vähän matalampi.

5.3 Ratakapasiteetin pullonkaulat

5.3.1 Pullonkaulacase

Lähestytään pullonkaula-asiaa casen avulla. Neljän nuoren henkilön yritys myy paperista taiteltuja lentokoneita. Yrityksen kaikki neljä henkilöä osallistuvat tuotantoprosessiin. Jokaisella henkilöllä on oma tehtävä, jonka vain juuri ko. henkilö osaa, ja paperi liikkuu prosessin määräämässä järjestyksessä henkilöltä toiselle.

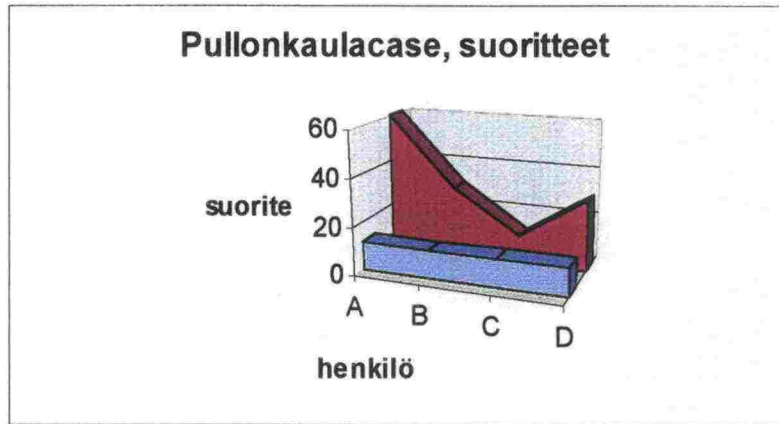
Henkilö A ottaa paperin, ja taittaa sen keskeltä kahtia. Hän kykenee tekemään kuvatus toiminnon yhdessä minuutissa. Seuraavaksi henkilö B taittaa paperiin siivet, jonka hän tekee kahdessa minuutissa. Tämän jälkeen henkilö C maalaa vesivärein lentokoneeseen ikkunat, lentäjän ja renkaat. Henkilö C käyttää tehtäväänsä 5 minuuttia. Prosessin viimeisenä toimintona henkilö D asettaa valmiin lentokoneen lähetyslaatikkoon, ja kirjoittaa siihen vastaanottajan osoitteen. Henkilön D operaatioihin kuluu aikaa 2 minuuttia.

	toiminto	toiminnon kesto [min]	kapasiteetti [yks/h]
henkilö A	paperin otto, taitos	1	60
henkilö B	siipien teko	2	30
henkilö C	maalaus	5	12
henkilö D	pakkaus	2	30

Taulukko 3: pullonkaulacase

kannattaa suunnata henkilön C tehtävään, jolloin ko. toiminnon nopeuttaminen kasvattaa koko prosessin kapasiteettia, ja koko nostaa koko prosessin suoritettua määrää.

Kuvassa 21 taaempi viiva kuvaa kunkin henkilön omakohtaista kapasiteettia. Edessä oleva viiva kuvaa koko prosessin kapasiteettia, toteutuvaa suoritettua määrää.



Kuva 21: casen suoritettua määrät

Ratkaisuna casen tilanteeseen kokonaiskapasiteetin kasvattamiseksi voisi olla henkilön C toiminnan nopeuttaminen puuväreillä. Kun henkilö C suoriutuisi tehtävästään 2 minuutissa, kasvaisi tuotannon määrä 12:sta 30:een yksikköön tunnissa.



### 5.3.2 Pullonkaulat rataverkolla

Rataverkolla on edellisen esimerkin kaltaisia pullonkauloja, jotka vähentävät rataosuuden kokonaiskapasiteettia. Rataverkolla pullonkaula tarkoittaa mitoittavaa rataosuutta. Tämä voi olla esimerkiksi yksiraiteinen rataosuus kaksiraiteisten rataosuuksien välissä. Rataverkon pullonkaulat voivat johtua akselipainosta, sallitusta nopeudesta tai riittämättömästä ratakapasiteetista.

Akselipainosta aiheutuva pullonkaula tarkoittaa tilannetta, jossa tavaraa kuljetetaan jossakin vaiheessa A rataluokan rataosuudella tai muulla rataosuudella, jolla sallitaan tavallista pienempi akselipaino, esimerkiksi 16 tonnia. Tällöin juna liikkuessaan muilla rataosuuksilla liikkuu niihin nähden alikuormattuna, koska muilla rataluokilla sallitaan 22,5 tonnin akselipaino.

Rataosuuden pullonkaulaosuus määrittää rataosuuden kapasiteetin määrän. Ratakapasiteetin riittämättömyys jollakin rataosuudella tarkoittaa aina pullonkaulaa. Yksiraiteisella radalla pullonkaula tarkoittaa mitoittavaa kohtaous- tai ohituspaikkaväliä. Rataosuuden kapasiteetti ei ole kuitenkaan mitoittavan kohtaouspaikkavälin kapasiteetin suuruinen, koska rataosan kaikki muutkin pienemmät ongelmapisteet ja lyhemmät odotukset vähentävät rataosuuden kokonaiskapasiteettia.

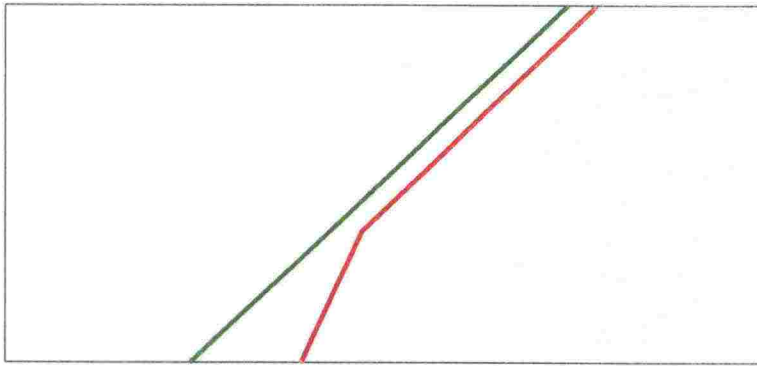
### 5.4 Kapasiteettihäviö

Kapasiteettihäviö tarkoittaa radan kapasiteetin vähenemistä pullonkaulojen, kohtaouspaikkojen puutteen, tasoristeysten ja nopeuserojen vaikutuksesta.

### 5.4.1 Nopeuserot

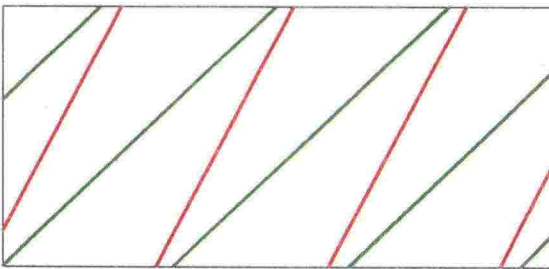
Junien erilaiset nopeudet aiheuttavat tarpeen liikenteen järjestämiselle ja priorisoimiselle.

Hitaan junan kulkiessa radalla ensimmäisenä, joutuvat muutkin ajamaan hitaan junan nopeutta, jos rataosuudella ei ole kohtausta- tai puolenvaihtopaikkaa. Kuva 22 esittää graafisen aikataulun muodossa tilanteen, jossa hitaan junan jälkeen rataosuudelle lähetetään nopea juna. Nopea juna saavuttaa hitaamman, mutta joutuu ajamaan loppumatkan hitaan junan nopeudella, koska ohituspaikkoja ei ole.

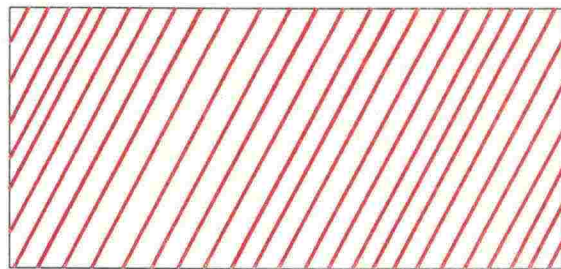


Kuva 22: hitaan junan vaikutus liikenteeseen

Kuvista 23 ja 24 nähdään selvästi hitaiden ja nopeiden junien yhdistämisen vaikeus. Hitaat junat hidastavat liikenteen nopeutta. Ideaalisessa tilanteessa kaikki junat kulkisivat samalla nopeudella, jolloin liikenteen järjestäminen ja aikataulusuunnittelu olisi helppoa.



Kuva 23: heterogeeninen liikenne



Kuva 24: homogeeninen liikenne

### 5.4.2 Virtuaalinen ratakapasiteetti

Radalla on olemassa tietynsuuruinen periaatteellinen ratakapasiteetti, joka koostuu infrastruktuurista ja liikkuvasta kalustosta sekä niiden yhteensovittamisesta. Tilannetta tarkastellaan usein ajatuksellisesti kaluston kannalta. Tätä periaatteellista kapasiteettia voidaan nimittää bruttokapasiteetiksi.

On olemassa kuitenkin ns. virtuaalista ratakapasiteettia. Tämä on tilanne, jossa kapasiteettivajetta ilmenee, vaikka periaatteessa kapasiteettia olisikin käytössä. Toisin sanoen ratakapasiteettia olisi näennäisesti käytössä, mutta käytännössä sitä ei ole. Periaatteellinen ratkaisumahdollisuus kompastuu tällöin reaaliseseen infrastruktuuriin.

Virtuaalinen ratakapasiteetti ilmenee henkilöliikenteessä laitureiden puuttumisena. Tällainen asema on esimerkiksi Lievestuore, joka sijaitsee Jyväskylän ja Pieksämäen välissä. Lievestuoreella on vain toiselle raiteelle rakennettu henkilölaituri. Tällaisella asemalla voi luonnollisesti kohdata aina kun toinen tai molemmat junat ovat tavarajunia. Kahden henkilöjunan, joiden tulee pysähtyä ko. asemalla, kohtausta ei voida siirtää asemalle, koska asemalla ei ole käytössä kuin yksi laitur.

Tavaraliikenteessä virtuaalinen kapasiteettivaje ilmenee hyvin pitkillä junilla. Tavarajunan ollessa pidempi kuin sivuraiteen, ei ohitusta voida tehdä, ja siten ilmeneekin kapasiteettivajetta, vaikka ratakapasiteettia olisi käytössä (sivuraide olisi olemassa).

Voidaan ajatella, että todellinen, reaalinen, toiminnallinen ratakapasiteetti on nimikkeeltään nettokapasiteetti. Nettokapasiteetti saadaan siis bruttokapasiteetista vähentämällä siitä virtuaaliset kapasiteettipulat.

### 5.5 Ratakapasiteetin käyttöasteen kasvattaminen

Radan kapasiteetin käyttöastetta voidaan kasvattaa liikennöintimäärää kasvattamalla. Käyttöaste kasvaa lisäämällä rataosuudelle junia. Käyttöasteen kasvattaminen yli 80 % ei ole suositeltavaa, koska silloin liikenteen häiriötilanteiden ohjaus ja palautuminen vaikeutuu.

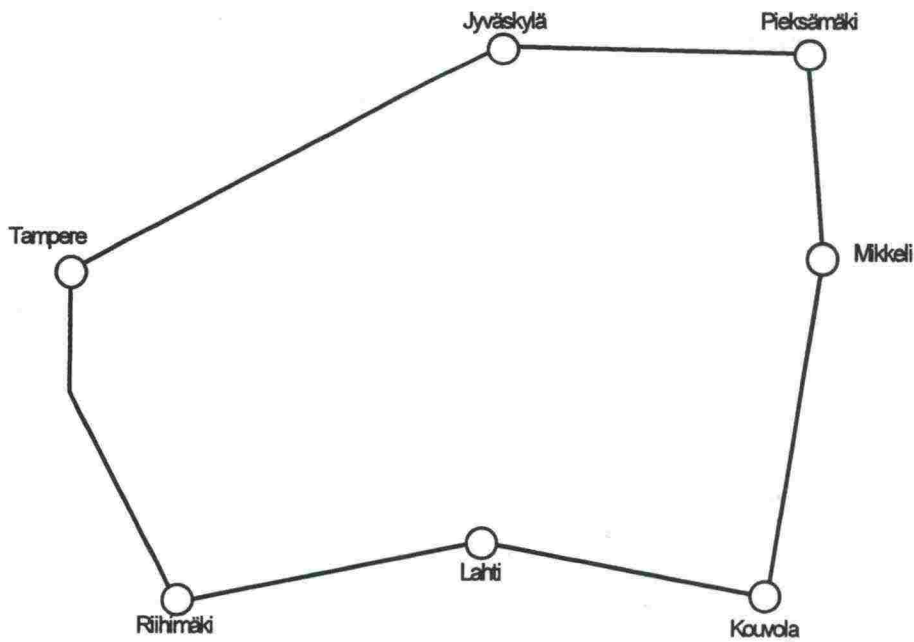
- *Liikenne ja sen toimivuus muuttuvat ratakapasiteetin käyttöasteen mukaan. Sekaliikenteisen radan sopiva käyttöaste on 60 %.*
- *Rataverkon pullonkaulat voivat johtua akselipainosta, sallitusta nopeudesta tai riittämättömästä kapasiteetista.*
- *Radan pullonkaulat, kohtaupaikkojen puute, tasoristeykset ja nopeuserot aiheuttavat kapasiteettihäviötä.*



## 6 RATAKAPASITEETIN JA SEN KÄYTTÖASTEEN MITTAAMINEN

### 6.1 Johdantoa aiheeseen

Ratakapasiteettia mitattaessa tai mallinnettaessa on syytä olla tietoinen, että yhden suojustusvälin tai liikennepaikkavälin tarkastelu ja tutkiminen ei anna täysin todellisuutta vastaavaa tulosta. Kapasiteettia vähentävät kaikki muutkin häiriötekijät koko matkalla, ei vain pullonkaulaosuuden hidasteet. Mitä pidempää väliä tarkastellaan, sen vähemmän kapasiteettia näyttää olevan. Vaikka kapasiteetti näennäisesti riittäisikin yksittäisellä pullonkaulavälillä saattaa käytännössä silti olla ongelmia lähiverkkotasolla. Verkko tulisikin nähdä toiminnallisena kokonaisuutena.



Kuva 25: Riihimäki - Tampere - Pieksämäki - Kouvola - Lahti - Riihimäki rataverkko

Tarkasteltaessa ratakapasiteettia välillä Jyväskylä - Pieksämäki on myös Kouvola - Pieksämäen vaikutukset otettava huomioon, koska Kouvolan suunnan liikenne varaa ratakapasiteettia Pieksämäellä. Lisäksi risteysasemien jatkoyhteydet on huomioitava.

## 6.2 Mallintaminen ja simulointi

Mallilla pyritään jäljentämään todellisuutta ja kuvastamaan sen tapahtumakulkua. Mallin ei tarvitse kuitenkaan olla korkeatasoinen IT-sovellus, vaan mm. käsin rakennetut kaarnalaivat ovat malleja, ja niillä voidaan simuloida laivan käyttäytymistä koskessa. Periaatteessa simulointia on kahdenlaista; puhdasta tietokonesimulointia ja koulutus-simulointia, vaikka ne voivatkin joskus tarkoittaa samaa. Koulutussimuloinnilla tarkoitetaan esim. lentäjäkoulutuksessa käytettäviä simulointivälineitä. Puhdas tietokonesimulointi tarkoittaa, että käyttäjä työskentelee suoraan tietokoneen kanssa. Simulaattorin tehtävä on vastata haluttua ympäristöä niin realistisesti kuin mahdollista. Tietotekniikan käyttö mahdollistaa monimutkaisten ja dynaamisten prosessien mallintamisen.

Todellisuutta täytyy aina yksinkertaistaa mallia rakennettaessa. Yksinkertaistusten tulee vaikuttaa mallin käyttäytymiseen ja tapahtumakulkuun mahdollisimman vähän. Mitä tarkempia tuloksia mallilla haluaa, sitä monimutkaisemmaksi malli muuttuu.

Lasku- ja muut optimointiohjelmat täytyy erottaa simulaattoreista, vaikka optimointiohjelmia nimitetäänkin joskus virheellisesti simulaattoreiksi. Optimointiohjelmat käyttävät matemaattisia ratkaisumenetelmiä, joilla optimoidaan yhtälö tai tietty prosessi. Simulaatio on enemmänkin kuvailtu kuin laskettu metodi.

Simulointiohjelma voidaan rakentaa tietokoneelle kahdella mahdollisella tavalla; rakentamalla yleissimulaattori tai räätälöimällä suoraan haluttu malli. Yleissimulaattori tarkoittaa ohjelmaa, jossa käyttäjä saa itse luoda simuloitavan ympäristön ohjelmasta löytyvien käskyjen ja toimintojen avulla. Räätälöidyllä mallilla tarkoitetaan, että simulaattori rakennetaan suoraan kuvaamaan haluttua ympäristöä, jolloin päästään realistisempiin malleihin kuin yleissimulaattoriohjelmistoilla. Räätälöity mallintaminen vaatii hyviä ohjelmointikykyjä, ja se johtaakin usein siihen, että mallin ohjelmoija jää mallin käyttäjäksi. Banverketin junasimulaatio-ohjelma SIMON on tehty räätälöimällä.

Simulointia voidaan käyttää silloin, kun haluttua toimintoa ei kannata tai ole mielekästä kokeilla käytännössä. Tavallisin työskentelymuoto simulaatiomallin kanssa on käyttää sitä kokeilemaan erilaisia käsittelyvaihtoehtoja ja vertailla niitä.

Simulointiprosessi sisältää seuraavat vaiheet:

1. Ongelman määrittäminen
2. Mallin luominen
3. Tulosten analysointi

### **6.2.1 Simulointiohjelma SIMON**

Ruotsin ratahallintoelin, Banverket (Swedish National Rail Administration), on kehittänyt käyttöönsä junaliikenteen simulointijärjestelmän. Ohjelmaa käytetään kapasiteetti-analyysihin ja sitä hyödynnetään Banverketin suunnitteluosastoilla. SIMON ohjelmisto on kehitetty Banverketin suunnitteluosaston, tieto-osaston ja ÅF-Industri teknik AB:n yhteistyöllä.

Simulointiohjelma SIMON perustuu suunnitellun aikataulun simuloimiseen. Ohjelma tuottaa informaatiota liikenteen toimivuudesta. SIMONin tärkein funktio on liikenteen ja ratakapasiteetin analysoiminen sekä simulointitulosten tuominen päätösten tueksi erilaisille investoinneille. Simulointiohjelma soveltuu paremmin suurten kuin pienten järjestelmien mallintamiseen. SIMON simulointiohjelmalla on selviä hyviä ominaisuuksia. Se kykenee löytämään nykyverkon pullonkauloja sekä sillä voidaan tutkia tulevien aikataulujen toimivuutta ja siten kartoittaa tulevaisuuden ratakapasiteettitarpeita.

Simulointiohjelma SIMON soveltuu huonosti monimutkaisten asemien mallintamiseen. Tällöin on hyvä yksinkertaistaa ratapihoja siten, että otetaan huomioon vain mallintamisen kannalta merkitykselliset raiteet. Asemansisäisiä vaihtoliikkeitä on vaikea mallintaa.

### **6.2.2 SIMON Suomessa**

Ratahallintokeskus on ostanut lisenssin SIMON simulointiohjelmaan, ja se on otettu käyttöön vuonna 1998. Oy VR-Rata Ab:n suunnitteluosasto toimii ohjelman käyttäjänä Ratahallintokeskuksen tilauksista. Ratahallintokeskus osallistuu myös SIMON ohjelman kehittämistyöhön.



Ohjelmaa käytetään rataverkon kapasiteettitarkasteluihin, pullonkaulojen löytämiseen ja tutkimiseen. Lisäksi ohjelmalla voidaan tarkastella aikataulun toimivuutta ja häiriö-tilanteiden liikenteenjärjestelyä. Ohjelma soveltuu myös jossain määrin turvalaite-suunnitteluun sekä sähköradan virransyötön mitoittamiseen. Junaliikenteen simuloinnista käytetään Suomessa nimitystä LSKO.

### 6.2.3 Muita simulointiohjelmia

Junaliikenteen simulointiin on olemassa paljon erilaisia ohjelmia. Monet maat ovat kehittäneet räätälöimällä omalle rataverkolleen sopivan simulointiohjelman. Räätälöidyt simulointiohjelmat toimivat parhaiten samankaltaisilla verkoilla kuin ne on alunperin suunniteltu, eikä esimerkiksi tiheän rataverkon simulointiin suunniteltu ohjelma ei anna yhtä hyviä tuloksia harvemmalla rataverkolla. Junaliikenteen simulointiohjelmia ovat mm. British Rail Researchin kehittämä VISION ja saksalainen SIMU VII.

## 6.3 Matemaattinen laskeminen

Tunnettaessa radan kapasiteetti ja todellisuudessa tapahtuva liikennöinti voidaan kapasiteetin käyttöaste laskea. Käyttöaste ilmaistaan usein prosenttilukuna teoreettisesta ratakapasiteetista.

Käyttöasteen laskemista voidaan käyttää liikennevolyymin laadun arviointiin. Hyvä laatu ilmenee siinä, että liikennöinti selviää häiriöistä ilman pahoja seurauksia. Hyvän liikennelaadun edellytys on, että käyttöaste ei ole liian korkea.

### 6.3.1 Banverket

Banverket on kehittänyt laskukaavoja ratakapasiteetin käyttöasteen laskemiseksi. Kaavojen katsotaan soveltuvan myös hyvin Suomen olosuhteisiin.



Ratakapasiteetin käyttöaste voidaan laskea rataosittain vuorokautena tai huipputunteina. Yksi- ja kaksiraiteiselle radalle on omat laskukaavansa. Useampiraiteisten ratojen käyttöaste voidaan laskea ajatellen kuin ne olisivat rinnakkaisia yksi- ja kaksiraiteisia.

Yksiraiteisilla rataosilla on laskettu junien käyttämä ratakapasiteetti mitoittavalla, eniten aikaa vievällä kohtauspaiikkavälillä. Kaksi- tai useampiraiteisilla rataosilla ratakapasiteetin käyttöaste määritetään kulkusuunnittain tai raidekohtaisesti. Vaikuttavia tekijöitä ovat junien minimiaikavälit, nopeuserot ja ohitukset.

käyttöaste [%]	
0 - 40	runsaasti käyttämätöntä kapasiteettia
41 - 60	liikenteen määrä ja laatu ovat tasapainossa
61 - 80	liikenteen kyky palautua häiriötilanteista on rajoittunut
81 - 100	kapasiteettipula

Taulukko 4: ratakapasiteetin käyttöasteen tulkinta

### 6.3.2 UIC

Kansainvälinen rautatieliitto, UIC (Union Internationale des Chemins de fer), on tehnyt laskentamenetelmän, jolla voidaan määrittää ratakapasiteettia. Eri maiden erilaiset laskentametodit ja kaavat eivät ole keskenään vertailukelpoisia, joten luodun laskentamenetelmän tarkoitus oli mahdollistaa eri maiden välinen vertailu.

UIC Code:n määrälehti 405 R kuvaa laadittua laskentamenetelmää. Menetelmä on kaikkiin maihin ja kaikille rautateille sopiva, yksinkertainen ja soveltuva. Sen käyttäminen ei vaadi kohtuuttomia kuluja eikä sen kanssa tarvitse käyttää tietokonetta. Menetelmä ottaa kuitenkin huomioon tarkasteltavan rataosan operatiiviset ja tekniset olosuhteet sekä tietynlaisen laatukriteerin.

Kapasiteetti lasketaan määräävän rataosuuden perusteella ja sille käytetään yksikkönä junien määrää aikayksikössä. Määräävä rataosuus on se kohtauspaiikkaväli, jolla kapasiteetti on pienin.

- *Ratakapasiteettia ja sen käyttöastetta voidaan tutkia simuloimalla tai matemaattisesti laskemalla.*
- *Simulointiohjelmilla voidaan tutkia liikenteen ja aikataulujen toimivuutta sekä löytää rataverkon pullonkauloja.*
- *Suomessa on käytössä Banverketin kehittämä simulointiohjelma SIMON.*
- *Rataosuuksien käyttöasteita laskemalla voidaan arvioida liikenteen laatua.*

## 7 RATAKAPASITEETIN KÄYTTÖASTE SUOMESSA

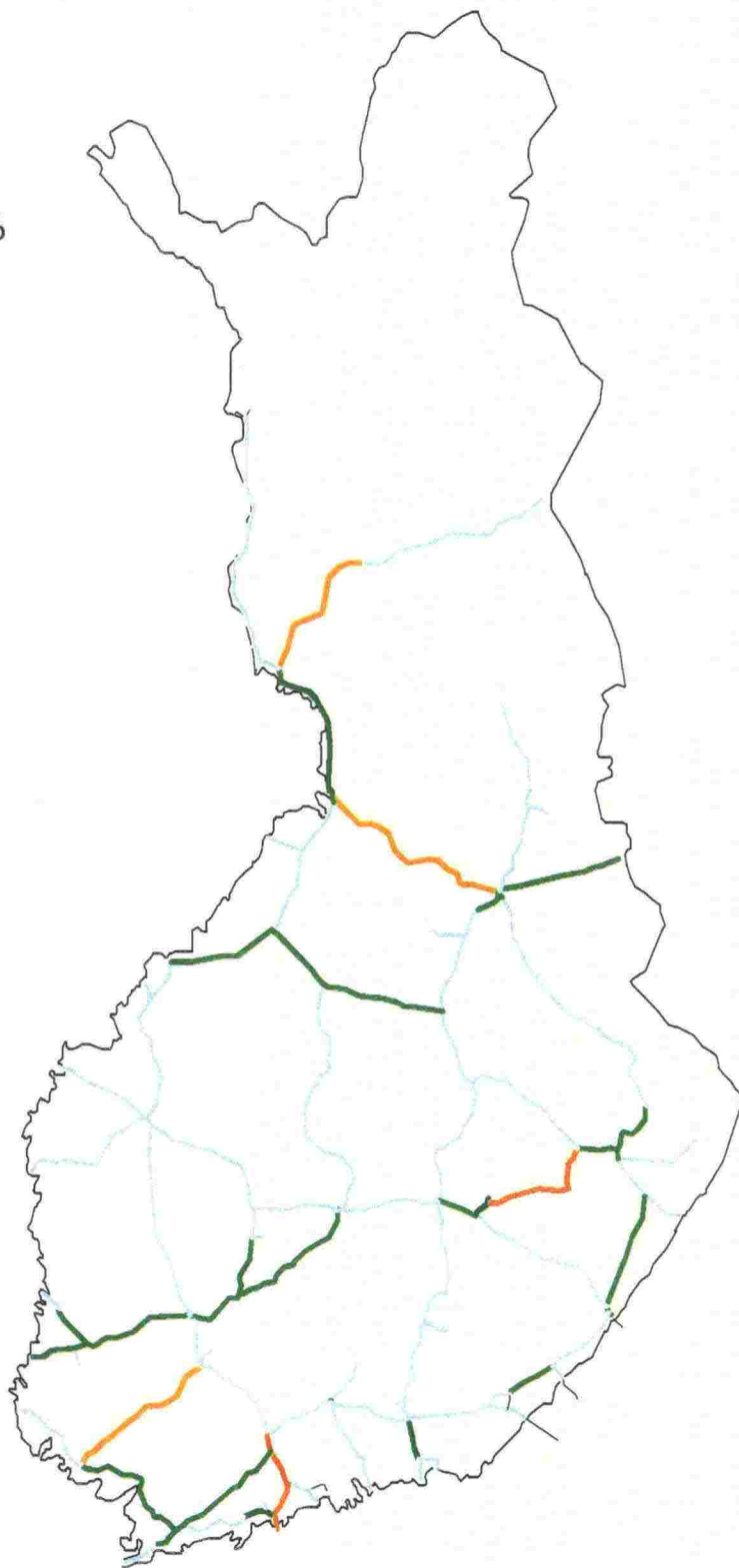
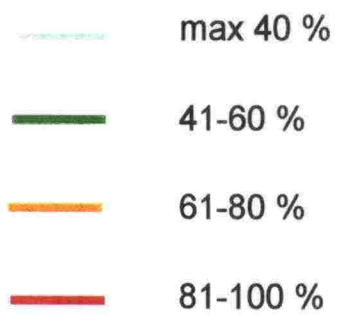
Rataverkon käyttöaste lasketaan Suomessa Banverketin kehittämillä kaavoilla. Käyttöastetta esittäviä kuvia on seuraavilla sivuilla. Kuva 26 esittää ratakapasiteetin käyttöastetta vuorokausitasolla. Kuvassa 27 käyttöaste on kuvattu rataosuuksien huipputunteina. Kuva 28 esittää myös kapasiteetin käyttöastetta huipputunteina, mutta siinä käyttöaste esitetään lisäliikenteen sijoittamismahdollisuutena.

Rataverkon kapasiteetissa ei ole vuorokausitasolla yli 80 % käyttöastetta, joka tarkoittaisi kapasiteettipulaa. Tämä johtuu osittain liikenteen keskittymistä huipputunneille. Rataosuuksilla, joilla päiväajan henkilöliikenne on valtakunnallisesti vilkkainta, ei yön tavaraliikenne ole niin merkittävää.

Huipputuntien ratakapasiteetin käyttöasteet saavuttavat kriittisiä arvoja. Huipputuntien kapasiteetin yli 80 %:n käyttöaste tarkoittaa useimmissa tapauksissa, että kyseiseen ajankohtaan ei voida lisätä yhtään junaa. Näitä huipputunniltaan korkeakäyttöasteisia rataosia on Suomessa monin paikoin. Vähäliikenteisillä rataosuuksilla kohtauspaikkaväli saattaa olla niin pitkä, että muutama liikkuva juna voi varata osuuden koko huipputunnin ajaksi, jolloin huipputunnin käyttöaste on todella korkea, mutta lisäjunien sijoittaminen käy helposti.

Rataosuuden korkea käyttöaste ei aina tarkoita kapasiteettipulaa. Korkeakäyttöasteinen rataosuus voi olla tarkoituksella kuormitettua, jolloin liikenne on vielä ongelmitta hoidettavissa. Tällaisia rataosuuksia ovat esimerkiksi pääkaupunkiseudun lähiliikenteen radat.

## Kapasiteetin käyttöaste

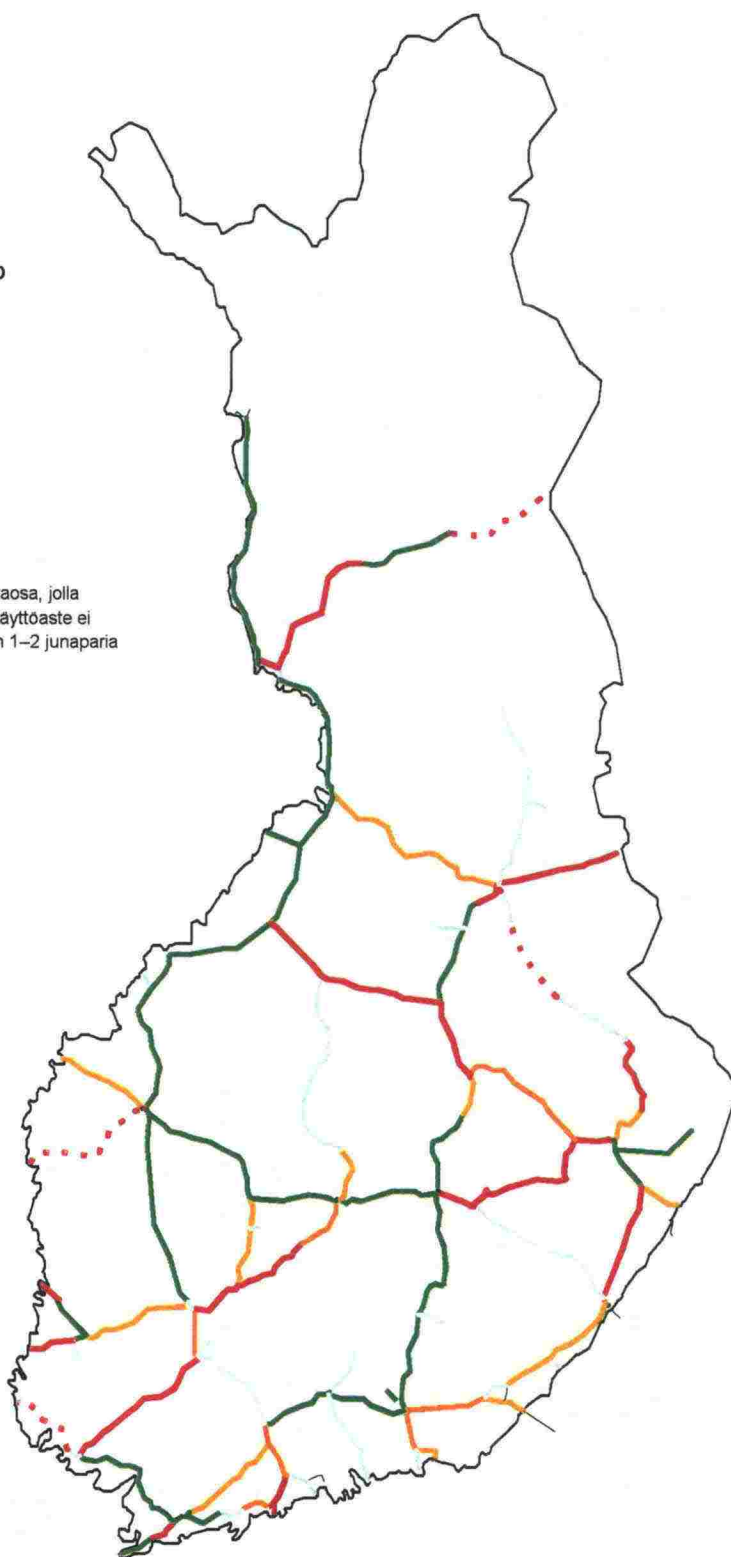
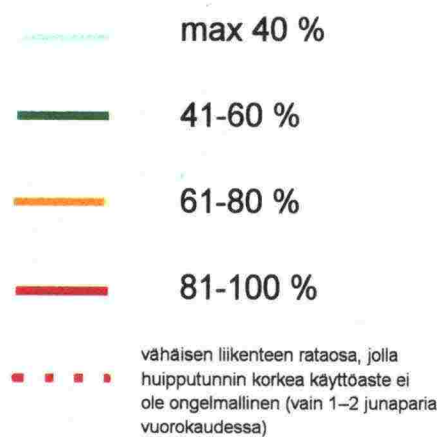


Oy VR-Rata Ab  
Rsu 17.2.1999 SH/KV

Kuva 26: Rataverkon vuorokausikapasiteetin käyttöaste



# Kapasiteetin käyttöaste



Oy VR-Rata Ab  
Rsu 17.2.1999 SH/KV

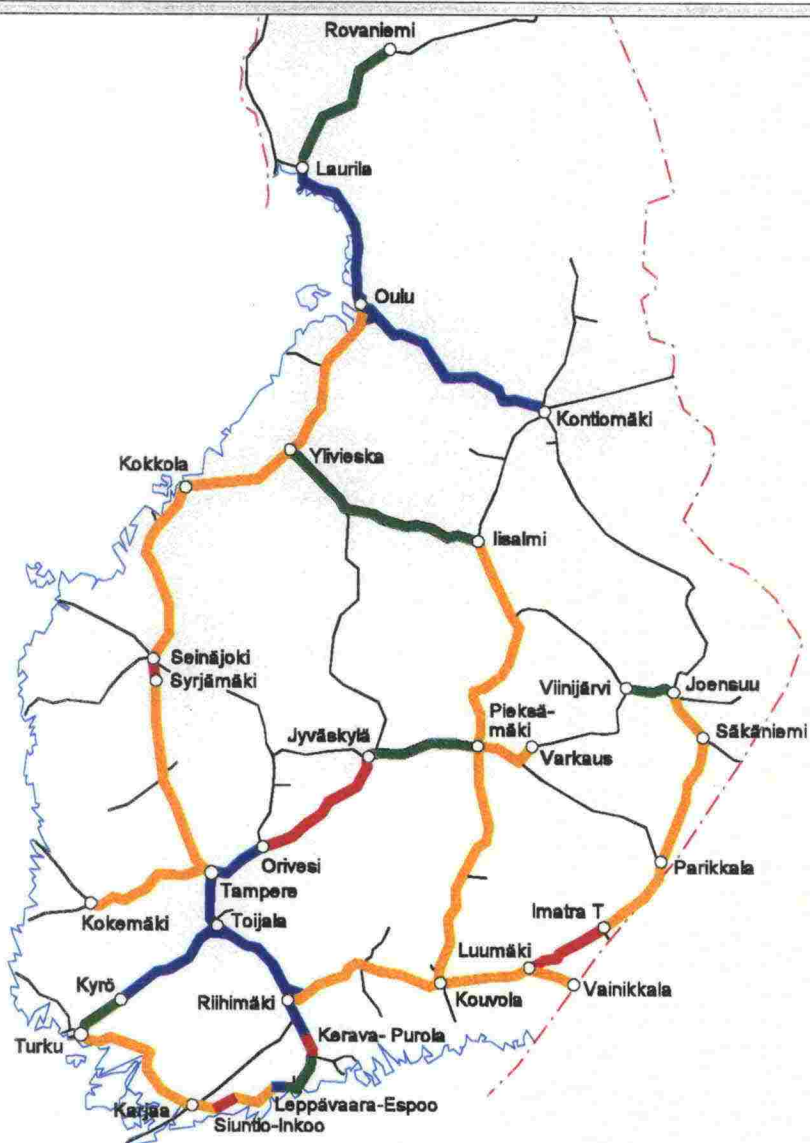
Kuva 27: Rataverkon huipputuntikapasiteetin käyttöaste

## RATAVERKON KAPASITEETIN KÄYTTÖASTE KRIITTISEN AJANKOHDAN PERUSTEELLA \*)

### KAPASITEETIN LISÄÄMISTARVE

- Lisäliikenne vaatii toimenpiteitä (nykyinen kapasiteetti käytössä)
- Lisäliikenne (10-20 % tai 1-2 junan lisäys) vaatii toimenpiteitä
- Nykyinen liikenne hoidettavissa (lisäliikenne mahdollista)
- Nykyinen liikenne hoidettavissa (vasta merkittävä lisäliikenne vaatii toimenpiteitä)
- Ei ongelmia

\*) Nykyisen aikataulugrafiikan perusteella kriittinen ajankohta (n. 2-5 h) vaihtelee eri rataosilla



4.5.2000 MP/M-LR

Kuva 28: Rataverkon kapasiteetin käyttöaste

## 8 LOPPUSANAT

Ratakapasiteetin käsite on moniulotteinen ja siihen vaikuttavat useat tekijät. Ratakapasiteetin kasvattamiseen on olemassa useita eri vaihtoehtoja.

Raportti käsittelee rautatieliikenteen perustietoa ratakapasiteetin osalta, joten suoranaisia jatkotutkimusaiheita tämä teksti ei nosta esiin. Jatkotutkimusten aiheita voisivat kuitenkin olla ratakapasiteetin riittävyyden tarkastelu matemaattisesti laskemalla ja simuloimalla sekä mahdollisen kilpailuttamistilanteen ratakapasiteetin jakaminen.

## LÄHDE- JA KIRJALLISUUSLUETTELO

### Painetut lähteet

#### *Kirjat*

Banverket: Systemanalyser inom järnvägsområdet/ högre hastigheter för persontrafik på järnväg, 1999

Gustafsson Håkan, Jonsson Joakim: Trafikkapacitet på järnväg. Chalmers tekniska högskola, 1993

Meskanen Janne, Mäkelä Tommi, Mäntynen Jorma: Rautatieliikenne. Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1996, ISBN 951-722-638-1, ISSN 1238-2094

NSB Gardermobanen A/S, NSB Banedivisjonen: Slik fungerer jernbanen

Railtrack: 1999 Network Management Statement for Great Britain

Ratahallintokeskus: Junaturvallisuuksääntö (Jt)

Ratahallintokeskus: Junaturvallisuuksääntöön liittyvät tekniset määräykset ja ohjeet (Jtt)

Ratahallintokeskus: Ratateknilliset määräykset ja ohjeet (RAMO)

Ratahallintokeskus: Suomen rautatietilasto 2000  
ISSN 1239-7180

Ratahallintokeskus: Vuosikertomus 1999

Ronni Jukka: Helsinki - Turku -radan liikenteenhoitomallit ja kehitysvaihtoehdot  
Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, 1994

UIC (Union Internationale des Chemins de fer): UIC Code 405 R, Method to be Used for the Determination of the Capacity of Lines, 1979 lisälehtet vuoteen 1999

VR: Rataverkko 2000, 1995

VTT Yhdyskuntatekniikka (Mäkinen Tapani, Pajunen Kirsi, Anila Matti, Tapio Juha):  
Junaliikenteen ohjaus Suomessa, Tutkimusraportti 495/1999



*Lehdet, artikkelit ja esitteet*

Bergmark Raymond: Railroad capacity and traffic analysis using SIMON

Flaskehalsproblemer i det danske jernbanesystem skal nu løses  
Nordisk Järnbane Tidskrift 124(1998):1 s. 11

Getting the most out of rail infrastructure  
Modern Railways 55 (1998):1, s. 694-696

Kaas Anders: Fokus på tiltag, som kan fremme jernbanesystemernes kapacitet  
Nordisk Järnbane Tidskrift 124 (1998): 5, s. 16-17

Merisalo Laura: Creativity in the face of capacity constraints  
Progressive Railroading 42 (1999): 9, s. 116-124

SJ: Godsnät 21

SJ: X 2000

SJ Cargo Group: Tillsammans utvecklar vi Sveriges transporter

Tawast H. J.: Yksiraitaisen radan aikataulu- ja kuljetuskapasiteetti rataosalla Pieksämäki -  
Kuopio, Rautatieliikenne 12/1974

## **Painamattomat lähteet**

### *Internet*

Banverket:n www-sivu  
<http://www.banverket.se>

CPCS Transcom (Peter R. Kieran): Changing to a Virtuous Cycle  
<http://www.cpcstrans.com/VirtuousCycle.htm>

Liikenneministeriön www-sivu  
<http://www.mintc.fi/>

Railtrack:n www-sivu  
<http://www.railtrack.co.uk>

Rasch Thomas: Kapacitetanalyse og beregninger  
[http://www.i4.auc.dk/trg/td/papers/papers98/jernbaner/t\\_rasch/t\\_rasch.pdf](http://www.i4.auc.dk/trg/td/papers/papers98/jernbaner/t_rasch/t_rasch.pdf)

Ratahallintokeskuksen www-sivu  
<http://www.rhk.fi>

SJ:n (Statens järnvägar) www-sivu  
<http://www.sj.se>

VR-konsernin www-sivu  
<http://www.vr.fi>

YTV:n (Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta) www-sivu  
<http://www.ytv.fi>

### *Kuvat*

Sami Hovi Oy VR-Rata Ab:sta on piirtänyt osan graafisista aikatauluista (kuvat 15, 17, 18). Sami Hovi on piirtänyt myös kapasiteetin käyttöastekuvat 26 ja 27.

Markku Pyy ja Maija-Liisa Räikkönen Ratahallintokeskuksesta ovat piirtäneet kuvan rataverkon kapasiteetin käyttöasteesta (kuva 28).

## LIITTEET

### Liite 1: Veturikaluston ominaisuuksia

	massa [t]	teho [kW]	suurin nopeus [km/ h]
Sähköveturit			
Sr1	84	3100	140/ 180
Sr2	82	6000	230
Dieselveturit			
Dv12	61 - 66	1000	85/ 125
Dv15	60	620	75
Dv16	60	700	85
Dr13	98	2060	100/ 140
Dr14	86/ 78	875	43/ 75
Dr16	82	1500/ 1677	140
Sähkömoottorivaunut			
Sm1	73	860	120
Sm2	59	620	120
Sm3 (Pendolino)	339	4000	220
Sm4 (lähiliikennejuna)			160

- 1/1997 Railway Industry Structures and Capital Investment Financing  
2/1997 Nopean junaliikenteen aluekehitysvaikutukset  
3/1997 Rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli (RALVI)  
4/1997 Kilpailuedellytykset ja niiden luominen Suomen rataverkolla  
5/1997 Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2020  
1/1998 Rataverkon jatkosähköistytksen yhteiskuntataloudellinen vaikutusselvitys  
2/1998 Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä (RAILI 96)  
3/1998 Rautateiden tavarakuljetusten laatutekijät  
4/1998 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997 - 99  
5/1998 Rataverkon kehittämisen yhdyskuntarakenteellisten vaikutusten ja menetelmien arviointi  
6/1998 Yksityisrahoituksen käyttömahdollisuudet Suomen ratahankkeissa  
1/1999 Ratarakenteen instrumentoinnin kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot  
2/1999 Rautatieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset  
3/1999 Rautatieliikenteen aiheuttama värinä, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot  
4/1999 Ratarakenteen instrumentointi- ja mallinnussuunnitelma, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot  
5/1999 Rautatietärinän mittauskäytäntö Pohjoismaissa  
6/1999 Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot  
7/1999 Rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta akselipainojen korottamista varten  
8/1999 Ratarumpujen maastoselvitys, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot  
1/2000 Rataverkko 2020 -ohjelman väliraportti. Kehittämisvaihtoehtojen vaikutustarkastelut  
2/2000 Bantrummor, 250 kN och 300 kN axellaster  
3/2000 Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus  
4/2000 Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään  
5/2000 Ratarakenteen instrumentointi ja mallinnus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot  
6/2000 Väliraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen ratateknisistä tutkimuksista  
7/2000 Intermediate Report, 250 kN and 300 kN axle loads  
8/2000 Ratatekniset määräykset ja ohjeet -julkaisun käytettävyytutkimus

RATAHALLINTOKESKUS  
KAIVOKATU 6, PL 185  
00101 HELSINKI

TURVALLISUUSYKSIKKÖ

Lisätietoja: Heidi Hirvonen, puh. (09) 5840 5105, sähköposti: heidi.hirvonen@rhk.fi  
Jakelu: Arja Aalto, puh. (09) 5840 5121, sähköposti: arja.aalto@rhk.fi

ISBN 952-445-039-9  
ISSN 1455-2604